



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV VODNÍCH STAVEB**

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

**STANOVENÍ PROGNÓZY ÚSTUPU BŘEHOVÉ  
ČÁRY ZVOLENÉHO ÚSEKU BŘEHU ÚDOLNÍ  
NÁDRŽE**

DETERMINING THE PROGNOSIS RETREAT OF BANK LINE OF THE SELECTED SECTION  
OF THE BANK OF THE DAM BRNO

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Bc. Zuzana Doušková**

**VEDOUcí PRÁCE**

SUPERVISOR

**prof. Dr. Ing. MILOSLAV ŠLEZINGER**

**BRNO 2017**



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav vodních staveb

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Bc. Zuzana Doušková
<b>Název</b>	Stanovení prognózy ústupu břehové čáry zvoleného úseku břehu údolní nádrže
<b>Vedoucí práce</b>	prof. Dr. Ing. Miloslav Šlezinger
<b>Datum zadání</b>	31. 3. 2016
<b>Datum odevzdání</b>	13. 1. 2017
V Brně dne 31. 3. 2016	

---

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.,  
MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

Lukáč, M. a kol. Účinky vetrových vln na konštrukciu priehrady, svahy nádrže a protiabrázne opatrenia, STU Bratislava 1977

Spanilá, T. Problematika přetváření břehů na vodních nádržích, In. Přehradní dny 1992

Šlezingr, M. Břehová abraze, CERM Brno 2004

Šlezingr, M. Vegetační doprovod vodních toků a nádrží, CERM Brno 1996

Úradníček, L., Šlezingr, M. Stabilizace břehů, VUT Brno 2007

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Posouzení stávajícího stavu břehů

Zaměření řešené části vybrané lokality nádrže břehové

Zpracování teorie využití prvků břehové stabilizace

Hydrotechnické výpočty a výpočty ústupu břehové čáry

Zpracování výkresové dokumentace - řezy břehovým územím s návrhem stabilizačních prvků

## STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

---

prof. Dr. Ing. Miloslav Šlezingr  
Vedoucí diplomové práce

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce si klade za cíl posouzení stavu abraze na březích údolní nádrže Brno. V rámci terénního průzkumu byla provedena fotodokumentace a posouzen současný stav abradovaných břehů. Byly vypočteny veličiny nutné pro zjištění paty abrazního srubu a maximální teoretický ústup břehové čáry v řešené lokalitě. Na příčných řezech abradovaných břehů bylo navrženo celkem devět typů opatření proti dalšímu ústupu břehové čáry.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Abraze, údolní nádrž, biologické opevnění, biotechnické opevnění, technické opevnění, stabilizace, abrazní plošina, abrazní srub, výška vlny, břeh.

## **ABSTRACT**

Master thesis aims to assessment of abrasion on banks of valley reservoir Brno. There was photodocumentation done and current conditions of abraded banks assessed during field survey. There was variables required to detect bottom of brasion cliff and maximal teoretical shift of bank line in the solved location calculated. There was suggested totally nine types of precaution against other shift of bank line in cross-sections of abraded banks.

## **KEYWORDS**

Abrasion, valley resevoir, biological defences, biotechnical defences, technical defences, stabilization, abrasion platform, abrasion cabin, wave height, bank.

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

Bc. Zuzana Doušková *Stanovení prognózy ústupu břehové čáry zvoleného úseku břehu údolní nádrže*. Brno, 2017. 96 s., 48 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce prof. Dr. Ing. Miloslav Šlezingr

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 13. 1. 2017

---

Bc. Zuzana Doušková  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Chtěla bych poděkovat především svému vedoucímu diplomové práce prof. Dr. Ing. Miloslavu Šlezingrovi za cenné rady, vedení i za odbornou pomoc při zpracování diplomové práce. Také bych chtěla poděkovat svému nejbližšímu okolí za jejich trpělivost a podporu při studiu a psaní závěrečné práce.

## OBSAH

<b>OBSAH .....</b>	<b>7</b>
<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>10</b>
<b>2 ZÁKLADNÍ INFORMACE.....</b>	<b>11</b>
2.1 Základní údaje.....	11
2.1.1 Identifikační údaje .....	11
2.1.2 Poloha .....	11
2.1.3 Nádrž.....	11
2.1.4 Těleso hráze .....	12
2.1.5 Spodní výpusť.....	12
2.1.6 Bezpečnostní přeliv.....	12
2.1.7 Hydrologické údaje.....	12
2.2 Údaje o povodí.....	12
2.3 Geologické údaje .....	13
2.4 Hydrogeologické poměry .....	15
2.5 Klimatické poměry.....	16
2.6 Pedologické poměry .....	17
2.7 Krajina a příroda.....	18
2.7.1 Chráněné části území .....	18
2.7.2 Územní systém ekologické stability.....	19
2.7.3 Přehled prvků ÚSES .....	19
2.7.4 Biogeografická diferenciac Brněnska .....	20
2.7.5 Popis skupin typů geobiocénů (STG) .....	21
2.8 Současný stav krajiny .....	25
2.8.1 Poloha a základní údaje .....	25
2.8.2 Horniny a reliéf .....	26
2.8.3 Podnebí .....	26
2.8.4 Půdy .....	27
2.8.5 Biota.....	27
2.8.6 Kontrasty.....	28
2.8.7 Současný stav krajiny a ochrana přírody .....	29
2.8.8 Zvláště chráněná území.....	30
2.9 Průmysl .....	34
2.10 Zemědělství .....	35
2.11 Lesnictví .....	35
2.12 Rekreační využití.....	36
2.13 Splavnost .....	36
2.14 Geodetické podklady .....	37



<b>3</b>	<b>ABRAZE</b>	<b>38</b>
3.1	Co je abraze	38
3.2	Vznik abraze	38
3.3	Kritéria posouzení rozsahu abraze	38
3.4	Protiabrazní opatření	39
3.4.1	Aktivní opatření	39
3.4.2	Pasivní opatření	39
3.4.3	Technické způsoby stabilizace břehů	40
3.4.4	Biologické způsoby stabilizace	40
3.4.5	Biotechnické způsoby stabilizace	40
3.4.6	Vlnolamy	40
<b>4</b>	<b>HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY</b>	<b>41</b>
4.1	Posouzení stavu abraze	41
4.2	Četnost hladin v nádrži	42
4.2.1	Rozhodovací období	43
4.2.2	Nejčtetnější hladina $M_{n_{max}}$	43
4.2.3	Četnost výskytu hladin – rok 1994	45
4.2.4	Četnost výskytu hladin – rok 1995	47
4.2.5	Četnost výskytu hladin – rok 1996	49
4.2.6	Četnost výskytu hladin – rok 1997	51
4.2.7	Četnost výskytu hladin – rok 1998	53
4.2.8	Četnost výskytu hladin – rok 1999	55
4.2.9	Četnost výskytu hladin – rok 2000	57
4.2.10	Četnost výskytu hladin – rok 2001	59
4.2.11	Četnost výskytu hladin – rok 2002	61
4.2.12	Četnost výskytu hladin – rok 2003	63
4.2.13	Četnost výskytu hladin – rok 2004	65
4.2.14	Četnost výskytu hladin – rok 2005	67
4.2.15	Četnost výskytu hladin – rok 2006	69
4.2.16	Četnost výskytu hladin – rok 2007	71
4.2.17	Četnost výskytu hladin – rok 2008	73
4.2.18	Četnost výskytu hladin – rok 1994-2008	75
4.3	Působení vlnění vodní hladiny	77
4.3.1	Stanovení efektivní délky rozběhu větru	77
4.3.2	Stanovení návrhové výšky vlny	79
4.3.3	Určení hodnoty „nahnání“ hladiny větrem	79
4.3.4	Určení střednice vlny	80
4.4	Stanovení výškové úrovně paty $v_a$	80
4.5	Prognóza ústupu břehové čáry	80
<b>5</b>	<b>NÁVRH OPATŘENÍ</b>	<b>82</b>
5.1	Technická opatření	82
5.1.1	Drátokamenná opěrná zeď	82
5.1.2	Monolitická betonová opěrná zeď	82
5.1.3	Prefabrikovaná opěrná zeď tvaru L	83

<b>5.2</b>	<b>Biotechnická opatření .....</b>	<b>83</b>
5.2.1	Oživená kamenná rovinanina .....	83
5.2.2	Oživená srubová stěna .....	84
5.2.3	Oživený kamenný pohoz.....	84
<b>5.3</b>	<b>Biologická opatření .....</b>	<b>84</b>
5.3.1	Stabilizace pomocí dřevěných kůlů a vrbových prýtů .....	84
5.3.2	Zápletové plůtky .....	85
5.3.3	Stabilizace vrbovým porostem.....	85
<b>5.4</b>	<b>Vyhodnocení navržených opatření .....</b>	<b>86</b>
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>87</b>
	<b>SEZNAM ZDROJŮ A LITERATURY .....</b>	<b>88</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>90</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>91</b>
	<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>92</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....</b>	<b>93</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>95</b>

## 1 ÚVOD

Cílem závěrečné práce na téma „Stanovení prognózy ústupu břehové čáry zvoleného úseku břehu údolní nádrže“, je aplikace prognostické metody na zvolené břehové území a navržení opatření vedoucích ke zlepšení stavu břehů v lokalitě Osada na údolní nádrži Brno.

Výstup z práce lze použít pro návrh opatření v řešené lokalitě, která po jejich realizaci zabrání dalšímu ústupu břehové čáry, rozšiřování abrazních srubů a přinášení nového materiálu z těchto srubů do nádrže. Cílová opatření jsou navrhována jako technická, biotechnická, respektive biologická.

Prvním krokem k výslednému návrhu opatření byla osobní prohlídka lokality údolní nádrže. Při průzkumu lokality proběhl monitoring lokality, kdy byl vyhodnocen současný stav břehů a byl brán ohled na případná budoucí opatření.

Ze zaměření současného stavu břehů řešené lokality a geometrie vycházející z tohoto zaměření jsou provedeny hydrotechnické výpočty. V rámci hydrotechnických výpočtů byl vypočten ústup břehové čáry a veličiny pro tento výpočet potřebné. Výpočty ústupu břehové čáry byly provedeny pro jednotlivé příčné řezy v řešené lokalitě. Z výsledků výpočtů je provedeno vyhodnocení ústupu břehové čáry pro zájmovou oblast.

Poslední část práce se zabývá návrhem opatření, která zabrání dalšímu ústupu. Navržená opatření jsou zpracována v textové části, kde je popsána jejich konstrukce, skladba a funkčnost. Ve výkresové části jsou vzorové řezy navržených opatření v lokalitě.

## 2 ZÁKLADNÍ INFORMACE

### 2.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE

#### 2.1.1 Identifikační údaje

Nádrž:	VD Brno
Jméno toku:	Svratka
Kilometráž zájmového území:	56,19 km
Výškový systém:	Balt po vyrovnání
Závod:	závod Dyje
Účel:	<ul style="list-style-type: none"><li>• výroba el. energie ve špičkové vodní elektrárně,</li><li>• snížení povodňových průtoků,</li><li>• rekreace a vodní sporty, rybolov,</li><li>• lodní doprava.</li></ul>
Uvedení do provozu:	1940 [6]

#### 2.1.2 Poloha

Kraj:	Jihomoravský
Okres:	Brno – město
Obec s rozš. působnosti:	Brno
Obec:	Brno – Kníničky
Katastr. území:	Kníničky [6]

#### 2.1.3 Nádrž

Stálé nadržení:	2,082 mil. m <sup>3</sup>
Hladina stálého nadržení:	219,00 m n. m.
Zásobní prostor:	13,020 mil. m <sup>3</sup>
Hladina zásobního prostoru:	229,08 m n. m.
Prostor retenční ovladatelný:	2,600 mil. m <sup>3</sup>
Hladina retenčního neovladatelného prostoru:	230,08 m n. m.
Celkový objem:	17,702 mil. m <sup>3</sup> [6]

#### 2.1.4 Těleso hráze

Typ hráze:	betonová gravitační
Kóta koruny:	232,50 m n. m.
Šířka koruny:	7,14 m
Délka hráze v koruně:	120,00 m
Výška hráze nade dnem:	23,50 m [6]

#### 2.1.5 Spodní výpust'

Počet x průměr:	1 x 2000 mm
Provozní uzávěr:	segment
Kapacita při max. hladině:	48,50 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> [6]

#### 2.1.6 Bezpečnostní přeliv

Typ bezpečnostního přelivu:	korunový, hrazený – tabule
Počet polí x délka přelivu:	3 x 7,00 m
Kóta přelivu:	225,88 m n. m.
Kapacita při max. hladině:	366,00 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> [6]

#### 2.1.7 Hydrologické údaje

Číslo hydrologického pořadí:	4-15-01-147
Plocha povodí:	1 586 km <sup>2</sup>
Průměrný dlouhodobý roční průtok:	7,68 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>
Neškodný odtok:	155,00 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>
Minimální odtok:	1,37 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>
Q <sub>100</sub> :	335 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>
Q <sub>355d</sub> :	1,26 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> [6]

### 2.2 ÚDAJE O POVODÍ

Povodí řeky Svratky, která je největší levobřežní přítok řeky Dyje, se rozkládá v severní části Českomoravské vrchoviny. Dále pak pokračuje jihovýchodním směrem napříč přes Boskovickou brázdu, Brněnský vyvěřelý masiv a Moravský kras do Dyjskosvrateckého úvalu. V severní části zasahuje do Svitavské křídlové plošiny, na východě sahá do Dražanské vysočiny, Ždánického lesa a Litenčických vrchů, okrajů Vyškovského úvalu. [1]

Toto povodí sousedí na své východní straně s povodím Moravy, na jihu s povodím Trkmanky (Dyje), na západě s povodím Jihlavy a na severu s povodím Vltavy a Labe. [1]

Tvar povodí tvoří částečně pravidelný obdélník s delší osou ve směru severozápad – jihovýchod a kratší je ve směru západovýchodním. Délka tohoto povodí je asi 115 km a jeho šířka je přibližně 60 km. Hlavním přítokem řeky Svatky je řeka Svitava. [1]

Nejvyšším bodem povodí je vrchol Devět skal, který je nejvyšším bodem Žďárských vrchů o nadmořské výšce 836 m n. m. Naopak nejnižší bod povodí se nachází na soutoku Svatky s Dyjí, dnes v oblasti střední zdrže Novomlýnských nádrží, s nadmořskou výškou přibližně 167 m n. m. Délka rozvodnice neboli hranice povodí dosahuje délky přibližně 402 km. Část rozvodnice na hranici s povodím Vltavy a Labe je součástí hlavního evropského rozvodí mezi Černým a Severním mořem. [1]

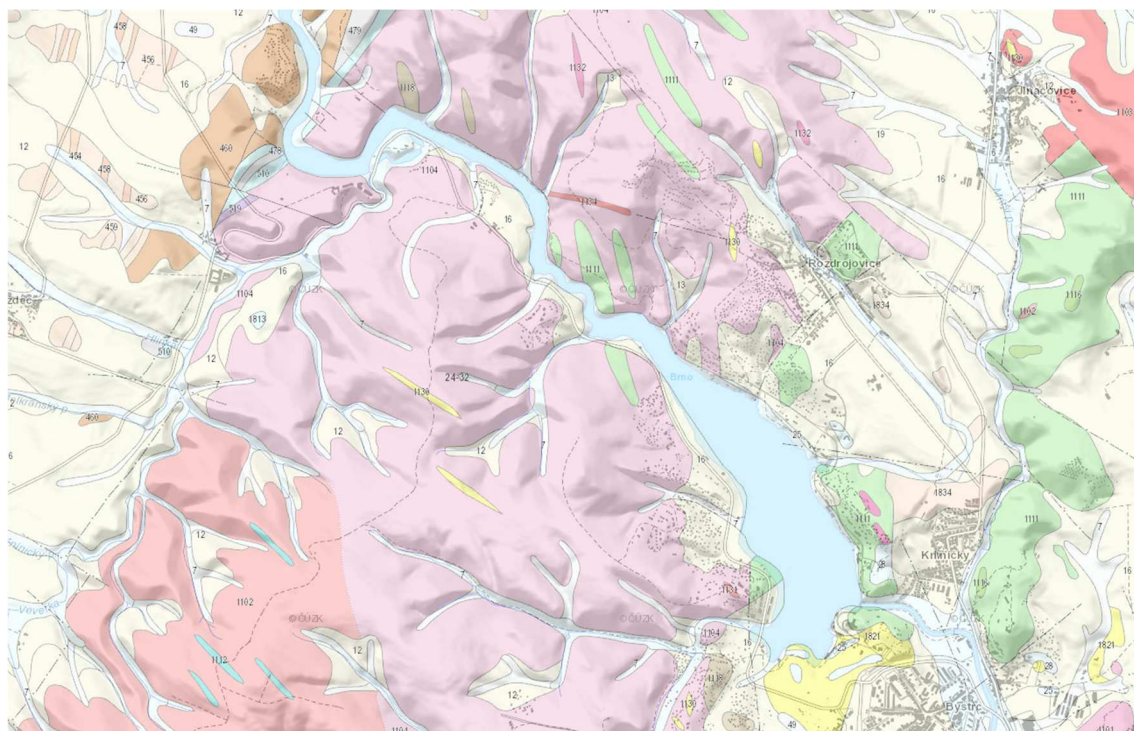
### 2.3 GEOLOGICKÉ ÚDAJE

Geologické poměry v povodí jsou velmi pestré díky svému širokému zastoupení celé řady geologických formací. Oblast je tvořena několika tektonickými jednotkami, převážně – moldanubikum, moravikum, svrchnokřídová tabule, boskovická brázda, masiv brněnské vyvřeliny, devon, karbon, perm, jura, svrchní křída, neogen, diluvium a aluvium.

Východně od prolomu boskovické brázdy se nachází mohutný klín brněnského vyvřelého masivu, který sahá svým výběžkem až za Boskovice. Tato část masivu je tvořena především granitem, v menší míře pak dioritem a diabasem. Diabas tvoří pruh zejména uprostřed tohoto vyvřelého masivu na čáře Bosonohy – Bystrc, dále směr Svinošice – Černá Hora. Diabas je značně zbřidličnatělý a objevuje se i v několika ostrovech v severním okolí Brna. Horniny brněnského masivu jsou prostoupeny žilami aplitů, porfyrů i amfibolitů.

Inundační území řeky Svatky, především dno toku, je tvořeno neogenními sedimenty, které ukazují na předneogenní stáří vlastního koryta tohoto toku. Diuviální sedimenty jsou tvořeny sprašemi, sprašovými hlínami a terasovými štěrky a písky. Spraše, jako nejstarší diluviální horniny, kryjí značné plochy v širším okolí Brna, v tišnovské oblasti i jinde.

Nejmladší holocenní neboli aluviální sedimenty, vyplňují dna údolí podél hlavního toku i přítoku a jsou tvořeny štěrky, písky, hlínami a jíly v nepravidelném vrstvení. [1]

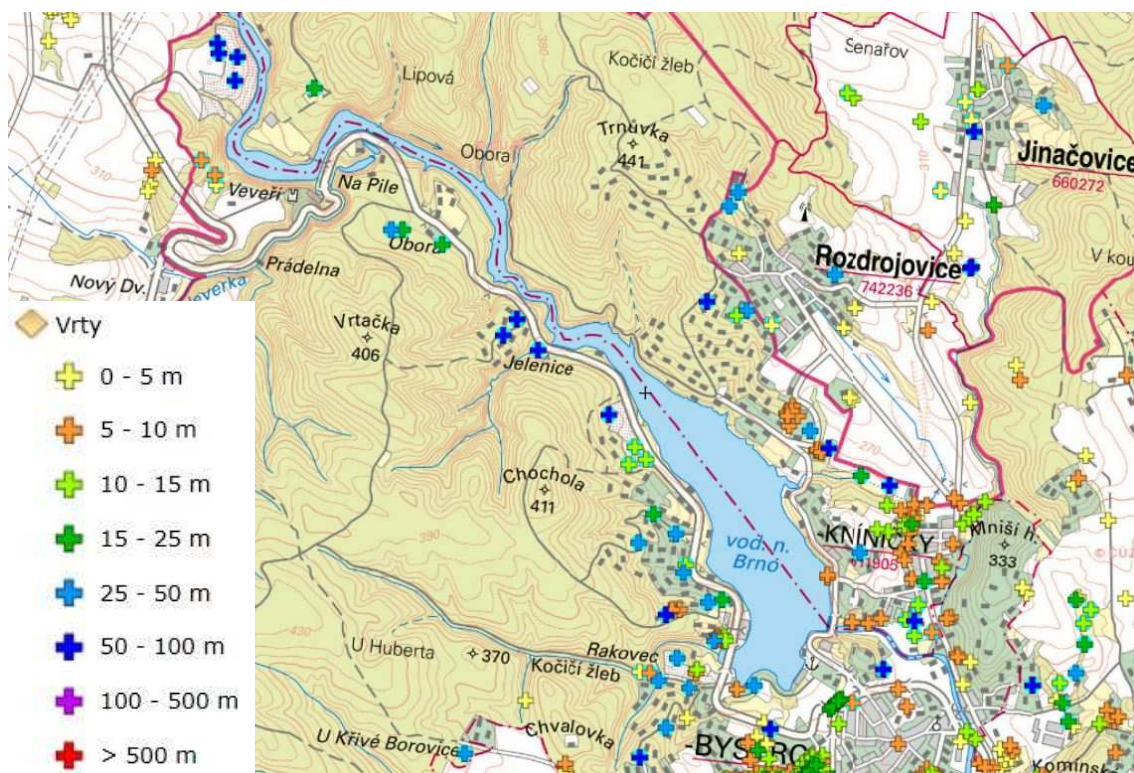


▼ ◆ brněnský masiv

- 1101 biotitický granodiorit až tonalit
- 1111 biotitit-amfibolický diorit, křemenný diorit
- 1118 migmatizovaná biotitická pararula až migmatit, místy s amfibolem
- 1112 erlan, krystalický vápenec
- 1130 aplit, pegmatit
- 1113 metabazalt, zelená břidlice
- 1104 biotitický až amfibol biotitický granodiorit
- 1102 biotitický granodiorit
- 1131 granitový porfyr
- 1132 granodioritový, dioritový porfýrit
- 1116 ultramafit, serpentinit
- 1103 biotitický až leukokratický granit

*Obr. 1 Geologická mapa [8]*





Obr. 2 Vrtná prozkoumanost [9]

V lokalitě Brněnské přehrady a Brno – Bystrc je provedeno mnoho průzkumných vrtů. Maximální hloubka vrtů v lokalitě je 50 – 100 m. Část sond má kromě rozboru geologického proveden i rozbor hydrologický.

## 2.4 HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Povodí řeky Svatky nad jejím soutokem se Svitavou, jmenovitě pak úsek toku Brno – Veverská Bítýška, je vlivem své geologické výstavby relativně chudá na podzemní vody, v tomhle případě můžeme říci, že povodí Svatky, tvořené převážně krystalickými horninami, je na vodu mnohem chudší než třeba povodí Svitavy, ve kterém jsou hojně zastoupeny sedimenty mladších geologických formací. [1]

Řeka Svatka pramení na jihozápadním úbočí Žákovy hory ve výšce 780 m n. m., výtokem z tzv. „Černého bahna“. Od pramene poté odtéká severovýchodním obloukem a obtéká Žákovu horu a dále protéká obcí Svatka.

Hydrologické údaje řeky Svatky, které jsou vztaženy k měrné stanici Veverská Bítýška: [1]

Velikost povodí:	1483,93 km <sup>2</sup>
Průměrná roční srážka:	690 mm
Roční odtokové množství:	269,3 mil. m <sup>3</sup>
Průměrný průtok:	8,4 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> [1]



## 2.5 KLIMATICKÉ POMĚRY

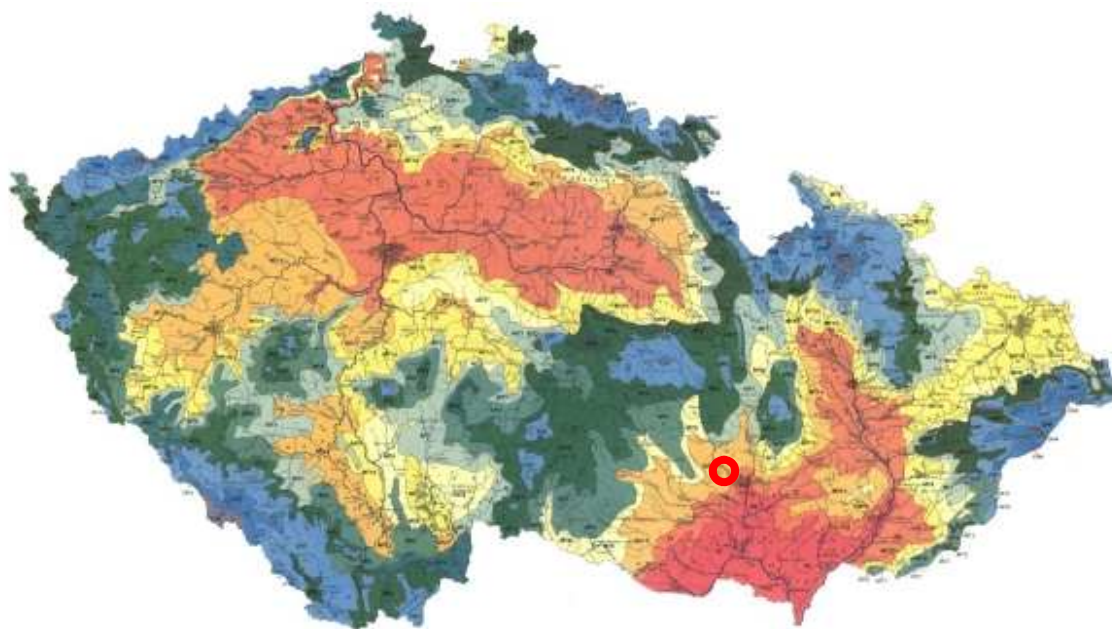
Zájmové území leží v povodí řeky Svratky, která má rozmanitý reliéf, od hornatého terénu až s 800 metry nad mořem po nížiny na jihu s výškou okolo 200 m. n.m. Z hlediska klimatické charakteristiky se v studované oblasti stýkají tři oblasti. [10]

Dle Quittova klimaticko-geografického členění směrem na jih až jihozápad spadá území do mírně teplé klimatické oblasti MT 11. Pro tuto oblast je typické dlouhé, teplé a suché léto. Počet letních dní se pohybuje v rozmezí 40 – 50 dní a průměrná teplota v červenci je 17 – 18 °C. Počet dní, kdy srážky dosáhnou alespoň 1 mm, je 90 – 100. Jaro i podzim jsou zde obdobími krátkými, s mírnými teplotami kolem 7 – 8 °C. Zima je krátká, mírně teplá a velmi suchá, s krátkým trváním sněhové pokrývky, přibližně je to 50 – 60 dní. Srážkový úhrn v zimním období je 200 – 250 mm. [10]

Na jih od řeky Svratky se rozkládá klimatický region MT 7, který není tolik klimaticky příznivý jako předešlý region. Oproti oblasti MT11 má o 10 letních dnů méně a více dnů se srážkami alespoň 1 mm i dnů se sněhovou pokrývkou. Jaro je zde chladnější než v oblasti MT 11, průměrná teplota v dubnu je 6 – 7 °C.

Poslední úsek oblasti na severozápadě náleží ke klimatické oblasti MT 9. Teplé a suché léto zde trvá 40 – 50 dnů. V této oblasti je 120 – 150 jasných dní a ve vegetačním období spadne až 450 mm dešťových srážek. V zimním období, které má 60 – 80 dnů se sněhovou pokrývkou je průměrná teplota v lednu -3 až -4 °C.

V oblasti údolní nádrže VD Brno je klimatickou oblastí MT 11. [10]



Obr. 3: Klimatické oblasti ČR [10]

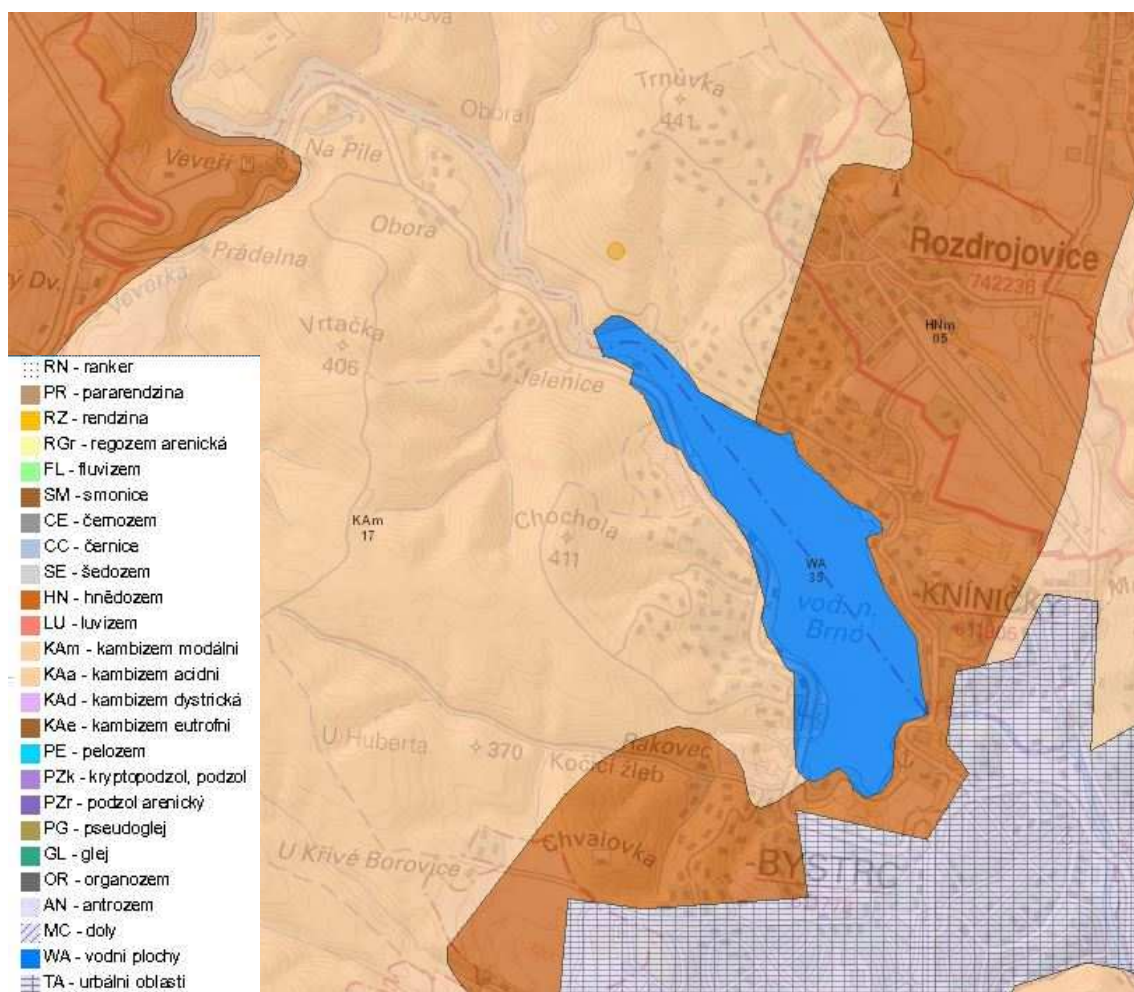
*Tab. 1: Charakteristiky klimatické oblasti MT 11 [10]*

Charakteristiky klimatické oblasti	MT 11
Počet letních dnů	40 – 50
Počet dnů s prům. teplotou 10 °C a více	140 – 160
Počet mrazových dnů	110 – 130
Počet ledových dnů	30 – 40
Průměrná teplota v lednu	-2 až -3 °C
Průměrná teplota v červenci	17 – 18 °C
Průměrná teplota v dubnu	7 – 8 °C
Průměrná teplota v říjnu	7 – 8 °C
Prům. počet dnů se srážkami 1 mm a více	90 – 100
Srážkový úhrn ve vegetačním období	350 – 400 mm
Srážkový úhrn v zimním období	200 – 250 mm
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	50 – 60
Počet dnů zamračených	120 – 150
Počet dnů jasných	40 – 50

## 2.6 PEDOLOGICKÉ POMĚRY

Pro horní povodí řeky Svratky je typická kamenitá a mělká zemina, od Jimramova po Tišnov se vyskytují na krystalickém podkladě půdy jílovito-hlinito-slídnaté a půdy písčito-jílnaté z rul. V místech, kde Svratka protéká Boskovickou brázdou, se vyskytují mělké kamenité půdy a obyčejné hlíny.

Z půdních druhů převažují kambizemě. [4]



Obr. 4: Hlavní půdní typy dle TKSP [11]

## 2.7 KRAJINA A PŘÍRODA

### 2.7.1 Chráněné části území

Významný krajinný prvek jako ekologicky, geomorfologicky nebo esteticky hodnotná část krajiny, utváří její typický vzhled a přispívá k udržení její stability. Významnými krajinnými prvky jsou lesy, rašeliniště, vodní toky, rybníky, jezera a údolní nivy. Dále jsou jimi části krajiny, které zaregistruje orgán ochrany přírody jako významný krajinný prvek, zejména mokřady, stepní trávníky, remízy, meze, trvalé travní plochy, naleziště nerostů a zkamenělin, umělé i přirozené skalní útvary, výchozy a odkryvy.

Významné krajinné prvky musí být chráněny před poškozením a ničením. Využívají se pouze tak, aby nebyla narušena jejich obnova a nedošlo k ohrožení nebo oslabení jejich stabilizační funkce. K zásahům, které by mohly vést k poškození nebo zničení významného krajinného prvku, ohrožení či oslabení jeho ekologicko-stabilizační funkce, si musí ten, kdo takové zásahy zamýšlí, opatřit závazné stanovisko orgánu ochrany přírody. Mezi takové zásahy patří zejména umísťování staveb,

pozemkové úpravy, změny kultur pozemků, odvodňování pozemků, úpravy vodních toků a nádrží a těžba nerostů. [12]

### 2.7.2 Územní systém ekologické stability

Územní systém ekologické stability je vzájemně propojený soubor přirozených i pozměněných, avšak přírodě blízkých ekosystémů, který udržuje přírodní rovnováhu.

Rozlišuje se místní (lokální), regionální a nadregionální územní systém ekologické stability, souhrnně se tedy hovoří o územních systémech ekologické stability. Prvky lokálního regionálního i nadregionálního ÚSES jsou zastoupeny v řešeném území a měly by po realizaci tvořit významný pozitivní prvek přírody a krajiny řešeného území. [12]

### 2.7.3 Přehled prvků ÚSES

Územní systém ekologické stability je definovaný jako vzájemně propojený soubor přirozených i pozměněných, avšak přírodě blízkých ekosystémů (i dle funkčních a prostorových kritérií), který udržuje přírodní rovnováhu. Biogeografické rámce vyjadřují pestrost ekotopů v dané krajině, přičemž biogeografický význam ekologicky významných segmentů krajiny odvozujeme od reprezentativnosti zastoupených druhů a společenstev vztahených k jednotkám individuálního i typologického členění. Tyto rámce také předurčují biogeografický význam jednotlivých částí ÚSES a vymezují specifické rámce pro jejich užívání, resp. ochranu. Cílem typologického členění je vymezit v krajině typy území s relativně homogenními ekologickými podmínkami (s podobnými typy biocenóz) dle typů biochory. Rozlišuje se místní (lokální), regionální a nadregionální ÚSES. Územní systém ekologické stability zahrnuje i celý rozsah systémů regionálních a nadregionálních. Jeho pozitivní působení na krajinu se uplatňuje nejvýrazněji na místní úrovni, která se stává praktickým vyústěním celého procesu územního zabezpečování ekologické stability. [3]

V lokalitě Brněnské přehrady se vyskytuje hned několik prvků ÚSES nadregionálního významu. Především se jedná o nadregionální biokoridor NRBK129, který zahrnuje celý prostor Brněnské přehrady.

V těsné blízkosti nádrže se nachází nadregionální biocentrum NRBC30 Podkomorské lesy. Biocentrum se rozprostírá na území stejnojmenného přírodního parku. Cílovou skupinou jsou mezofilní bučinné, mezofilní hájové a teplomilné doubravní ekosystémy.

ÚSES regionálního charakteru je zastoupen biocentrem RBC231 Baba. Cílový systém biocentra jsou mezofilní bučinné a mezofilní hájové ekosystémy. Dalším regionálním biocentrem je RBC230 Holedná s cílovými prvky mezofilního hájového

a mezofilního bučinného ekosystému. Biocentrum RBC231 a RBC230 spojuje regionální biokoridor RBK1471 Baba – Holedná.

Na RBC230 dále od Brněnské přehrady navazují další regionální biokoridory, a to konkrétně RBK1472 Holedná – Bosonožský hájek a RBK1473 Holedná – Pod myslivnou. [22]

#### **2.7.4 Biogeografická diferenciace Brněnska**

Velká druhová rozmanitost bioty v krajině města Brna je podmíněna nejen pestrostí trvalých ekologických podmínek, ale i polohou v hraniční zóně dvou významných biogeografických jednotek. Převážná část tohoto území náleží do hercynské podprovincie, rozsáhlé biogeografické provincie středoevropských listnatých a smíšených lesů, kde převažují středoevropské a evropské druhy. Jihovýchodní část přísluší severopanonské podprovincii, která je nejsevernější částí panonské biogeografické provincie. Její jádro tvoří Velká uherská nížina na území Maďarska. Krajina panonské provincie se vyznačuje velmi teplým podnebím výrazně ovlivňovaným kontinentálními vlivy z východu a částečně i středomořským podnebím od jihu. Díky tomu se zde vyskytují výrazně teplomilné druhy rostlin a živočichů. V přírodní, člověkem neovlivněné krajině, by převažovala společenstva teplomilných doubrav, ale panonská provincie patří k evropským krajinám nejdéle a nejintenzivněji ovlivňovaných člověkem. Celé území bylo součástí pravěké oikumeny, souvisle osídlené již neolitickými zemědělci, kteří zabránili nástupu lesa v době poledové. Díky pastvě dobytka vznikla a dodnes se zde vzácně udržela krásná společenstva stepních lad připomínajících kontinentální jihoukrajinské a jihoruské stepi. Na území Brna se ukázky společenstev postagrárních pastvinných stepních a lesostepních lad zachovaly například na Stránské skále, Obřanské stráni a na jižním svahu Hádů. Druhovou pestrost brněnské bioty zvyšuje i skutečnost, že do zdejších biocenóz pronikají od východu některé druhy s těžištěm výskytu v blízké západokarpatské biogeografické podprovincii, například ostřice chlupatá a pryšec mandloňovitý. Od západu se až na brněnské území rozšířil brambořík nachový, s původním těžištěm výskytu v alpské oblasti. Východiskem pro pochopení současného stavu živé přírody je možný přírodní stav společenstev rostlin a živočichů (biocenóz), který by nastal, kdyby krajina nebyla ovlivňována lidskými zásahy. Představa o potenciálním přírodním stavu krajiny umožňuje pochopit zákonitosti vztahů mezi neživými a živými složkami krajiny i zákonitosti prostorového rozmístění biocenóz, určuje rámce a možnosti využití krajiny a je srovnávací základnou pro hodnocení všech změn způsobených lidskou činností. Potenciální přírodní stav geobiocenóz (společenstev rostlin a živočichů s jejich abiotickým prostředím) charakterizuje začlenění území do jednotek geobiocenologické typologie krajiny. Nadstavbovými jednotkami jsou vegetační stupně, trofické a hydrické řady. Vegetační stupně vyjadřují závislost živé přírody na klimatu, trofické řady a meziřady jsou členěny podle obsahu živin v půdě, hydrické řady podle vodního režimu půd. Základními jednotkami jsou skupiny typů

geobiocénů, které jsou nazývány podle hlavních dřevin přírodních geobiocenóz. Typ geobiocénů je soubor geobiocenózy přírodní a všech od ní odvozených a do různé míry změněných geobiocenóz (například hospodářských lesů, kulturních luk, sadů, polí a lad), které se mohou vyskytnout v určitých trvalých abiotických podmínkách. Do skupin jsou typy geobiocénů sdružovány na základě podobnosti přirozených rostlinných společenstev (fytocenóz) a podobnosti abiotických podmínek. Přehled geobiocenologických jednotek, které se vyskytují na území města Brna je uveden v *tab. 2.* [3]

*Tab. 2. Přehled skupin typů geobiocénů brněnského území [3]*

Kód STG	Latinský název	Český název
1 BD 3	Ligustri - querceta	doubravy s ptačím zobem
1 BC-C (3)4	Ulmi - fraxineta carpini	habrojilmové jaseniny
1 BC-C (4)5a	Querci roboris - fraxineta	dubové jaseniny
1 BC 5b	Alni glutinosae - saliceta	olšové vrbiny
1 CD 2-3	Corni - acereta inferiora	dřínové javořiny nižšího stupně
1 D 2-3	Corni - querceta petraeae pubescentis inferiora	dřínové doubravy nižšího stupně
1-2 AB-B 1-2	Querceta humilia	zakrslé doubravy
2 A (2)3	Querceta fagina	doubravy s bukem
2 AB 3	Fagi - querceta	bukové doubravy
2 B 3	Fagi - querceta typica	typické bukové doubravy
2 BD 3	Fagi - querceta tiliae	lipové bukové doubravy

### 2.7.5 Popis skupin typů geobiocénů (STG)

Vymezené STG (skupiny typů geobiocénů) umožňují usuzovat na tzv. potenciální přírodní stav vegetace, tedy stav, který by odpovídal určitému typu ekotopu v podmínkách bez lidského zásahu a jsou nazvány dle dřevin potencionálních přirozených lesních fytoocenóz.

STG jsou členěny pomocí třímístných kódů, přičemž první číselný znak značí vegetační stupeň, druhý písemný znak označuje trofickou řadu stanoviště a třetí znak v pořadí značí hydrickou řadu. [13]

Vymezení skupiny typu geobiocénu:

**1: Vegetační stupně:**

- 1. dubový
- 2. bukodubový
- 3. dubobukový
- 4. bukový
- 5. jedlobukový
- 6. smrkojedlobukový
- 7. smrkový
- 8. klečový

**2: Trofická řada**

**Základní řada**

- A – oligotrofní (chudá a kyselá)
- B – mezotrofní (středně bohatá)
- C – nitrofilní (obohacená dusíkem)
- D – bázeická (živinami bohatá  
na bázeických horninách, především  
na vápencích)

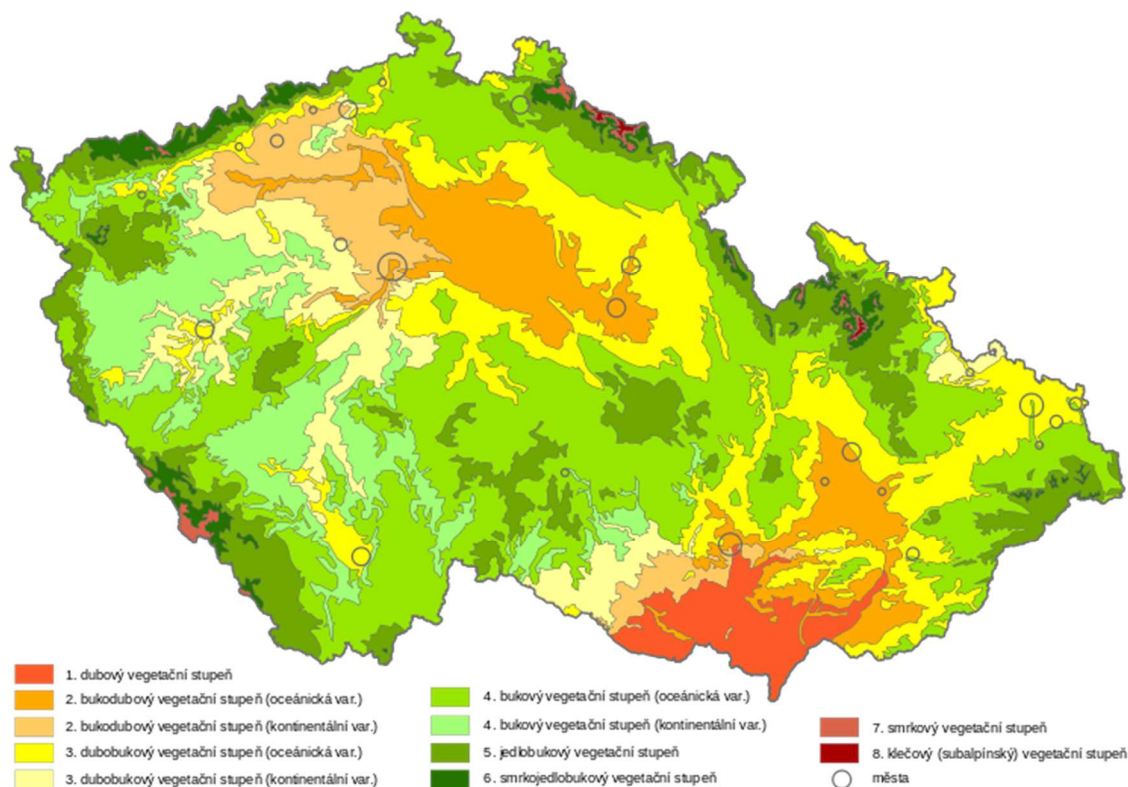
**Meziřada**

- AB – oligotrofně-mezotrofní
- BC – mezotrofně-nitrofilní
- BD – mezotrofně bázeická
- CD – nitrofilně-bázeická

**3: Hydrická řada – vlhkostní režim půdy:**

- 1. suchá (zakrslá)
- 2. omezená
- 3. normální
- 4. zamokřená
- 5. mokrá (s proudící nebo stagnující vodou)
- 6. rašelinná [13]



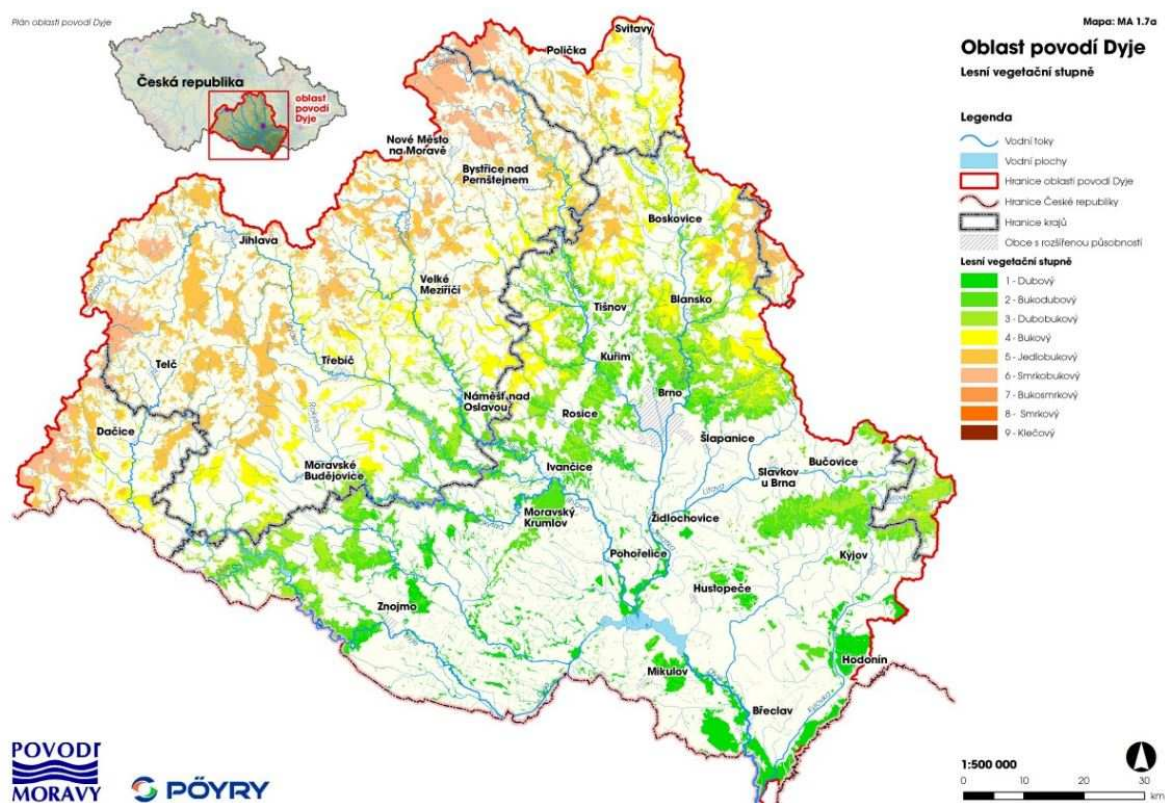


*Obr. 5 Vegetační stupeň dle Zlatníka [13]*

Vegetační stupně vyjadřují závislost biocenóz na změnách klimatu v souvislosti s nadmořskou výškou a expozicí svahu, především na změnách teplot ovzduší a množství atmosférických srážek. Podle současných názorů se nynější vegetační stupňovitost ustálila v období staršího subatlantika (800 - 500 let př. n. l.). Rozložení jednotlivých vegetačních stupňů v krajině tedy odráží charakter reliéfem podmíněných rozdílů klimatických podmínek a jejich fluktuací v období podstatně delším než je doba, pro kterou jsou k dispozici výsledky měření základních klimatických charakteristik. Nejteplejší a nejsušší jižní a jihovýchodní část území města Brna náleží do prvního dubového vegetačního stupně. V přírodní krajině by v dubovém stupni převládaly teplomilné doubravy s dubem zimním a dubem pýřitým. Vůdčí skupinou typů geobiocénů jsou doubravy s ptačím zobem zaujímající plochy, na kterých převládají mezotrofně bazické trofické řady BD (mezotrofně bázecká) na živinami dobře zásobených půdách a na sprašových substrátech. Segmenty této skupiny byly od neolitu zemědělsky kultivovány. V zahradách a sadech byly a dodnes jsou pěstovány teplomilné dřeviny, jako jsou broskvoně, meruňky a mandloně. Rozšířily se zde i vinice. Z hlediska biodiverzity jsou významné plochy skupiny dřínové doubravy nižšího stupně na vápencích. Dřínové doubravy by ani v přírodním stavu nebyly zcela souvislé, na extrémně vysychavých místech, především na prudkých jižních svazích, by se vyskytovaly druhově pestré lesostepní a stepní polanky s charakteristickým výskytem



světlomilných a teplomilných druhů ponticko-panonského a mediteránního rozšíření, z nichž mnohé nevystupují do vyšších vegetačních stupňů. Lze uvést například stepní trávy rodu kavyl. Převážná část území města Brna patří do druhého, bukodubového vegetačního stupně, ve kterém se kromě teplomilných druhů začínají významně uplatňovat i hájové mezofilní druhy středoevropských listnatých lesů, jako je mařinka vonná. Vůdčími skupinami typů geobiocénů jsou typické bukové doubravy na kambizemích, méně vhodné pro zemědělské využití, takže se zde většinou zachovaly lesy a lipové bukové doubravy na hnědozemích, dnes většinou využívané jako pole. Velký přírodovědný a kulturní význam mají v brněnské krajině zbytky starobylých výmladkových lesů s dlouhodobým kontinuálním vývojem. Jsou výsledkem několikatisíciletého využívání bukových a lipových bukových doubrav výmladkovým způsobem, tj. vyřezáváním obnovujících se výhonů po stětí hlavního kmene stromu. Zastoupení buku lesního bylo takovým hospodařením potlačeno. Typickým příkladem starobylého výmladkového lesa je Bosonožský hájek. V říčních nivách prvního a druhého vegetačního stupně vznikla v závislosti na délce záplav a výšce hladiny podzemní vody charakteristická mozaika geobiocenóz lužních lesů od nejmokřejší skupiny (olšové vrbiny) přes dubové jasaniny až po relativně nejsušší habrojilmové jasaniny. Až do regulace toků Svatky a Svitavy v 19. století byly lokality těchto skupin typů geobiocénů využívány převážně jako produktivní louky. Potoční nivy jsou řazeny do skupiny jasanové olšiny nižšího stupně. Segmenty třetího dubobukového stupně, kde středoevropské mezofilní druhy naprosto převažují a teplomilné druhy pouze vyznívají, se na území města Brna vyskytují pouze na zastíněných a chladnějších svazích severních expozic. Vůdčí skupinou typů geobiocénů jsou typické dubové bučiny s převahou buku ve stromovém patře přirozených lesů. Velký přírodovědný význam mají lokality patřící do skupiny holé bučiny nižšího stupně, kde buk lesní vytváří přirozené monocenózy - rostlinná společenstva tvořená jedním dominantním druhem. Na lokalitách náležících do třetího vegetačního stupně se na území města Brna převážně zachovaly lesy. Jejich dřevinná skladba byla ovšem v 19. a 20. století významně pozměněna umělou výsadbou jehličnatých dřevin, především smrku ztepilého a borovice lesní. [3]



Obr. 6 Vegetační stupeň v oblasti povodí Dyje [14]

## 2.8 SOUČASNÝ STAV KRAJINY

Brněnský bioregion (1.24)

### 2.8.1 Poloha a základní údaje

Bioregion je tvořen okrajovou vrchovinou Hercynika, zabírá geomorfologické celky Bobravské vrchoviny, střední část Boskovické brázdy, západní okraj Dražanské vrchoviny a východní okraj Křižanovské vrchoviny. Bioregion má protáhlý tvar ve směru S-J o ploše 812 km<sup>2</sup>. [15]

Bioregion leží na východním okraji hercynské podprovincie, patrný je panonský a karpatský vliv. Působení Alp i zastoupení termofilních druhů je ale podstatně nižší, než v sousedním bioregionu Jevišovickém (1.23). Bioregion je tvořen soustavou granodioritových hřbetů a prolomů se sprašemi. V průlomových údolích se nachází stanovištní mozaika se segmenty teplomilnými i podhorskými. V území převažuje 3. vegetační stupeň (dubovo-bukový) s významným zastoupením 2. bukovo-dubového stupně a ostrovů 4. bukového stupně. Do netypické části bioregionu patří vyšší Hořická vrchovina s květnatými bučinami, která je velmi blízká charakteru Dražanské vrchoviny, a okrajové svahy Českomoravské vrchoviny, které tvoří přechod do Velkomeziříčského (1.50), popř. Sýkořského bioregionu (1.51). Dodnes se zachovaly

rozsáhlé dubohabřiny a bučiny (údolí Svitavy) a řada travnatých lad, převažuje orná půda. [15]

### 2.8.2 Horniny a reliéf

Bioregion je budován především brněnským masivem, tj. hlavně amfibolickými granodiority, místy i diority a starými metabazity. Masiv je tektonicky postižen a liší se od varijských masivů ležících dále na západ. U Tišnova vystupují fylity, ortoruly, devonské vápence a slepence. Ostrovy devonských vápenců se táhnou též v pruhu u Čebína. Devonské slepence a jílovce výrazně vystupují i v zóně Babího lomu a na okraji Moravského krasu. Výplň Boskovické brázdy tvoří zejména permské červené pískovce a jílovce. [15]

Do bioregionu zasahují tektonicky podmíněné "zálivy" marinního vápenného terciéru (vápenné jíly, písky), kromě toho zde vystupuje i terciér ve štěrkopískovém vývoji. Z pokryvů se uplatňují spraše, tvořící místy (např. přímo v prostoru Brna) velmi mocné závěje. Menší plochy tvoří i říční štěrkopísky. Velmi rozšířené jsou písčitohlinité svahoviny.

Celkový úklon bioregionu je od severu k jihu. Reliéf je tvořen systémem hrástí a prolomů, přičemž napříč hráštěmi se vyvinula četná skalnatá průlomová údolí. Údolí Svitavy je hluboké téměř 300 m, ostatní údolí 100 - 200 m. Na Svatce i Svitavě se vyvinul údolní fenomén, který spolu s pestrým geologickým podkladem a členitým reliéfem silně zvyšuje celkovou biodiverzitu. Prolomy mají široká plochá konkávní dna tvořená sprašovými závěji a návěji. Výrazný je skalnatý hřbet Babího lomu z křemitých devonských slepenců, který převyšuje okolní zarovnané povrchy o 20 - 60 m. [15]

Reliéf má převážně charakter ploché vrchoviny s výškovou členitostí 150 - 200 m n. m. Některé hřbety a průlomová údolí mají charakter až členité vrchoviny s členitostí 200 - 300 m n. m. Východní svah Hořické vrchoviny má členitost až 330 m n. m., a tedy charakter ploché hornatiny. Nejnižšími body jsou koryta Svitavy a Svatky v Brně s výškou asi 200 m n. m. Nejvyšší kótou je Hořická hora (Bukovec) v Hořické vrchovině (596 m n. m.). Typická výška bioregionu je 250 - 490 m n. m. [15]

### 2.8.3 Podnebí

Dle Quitta leží převážná část území v nejteplejší mírně teplé oblasti - MT 11, okraje směrem k úvalům patří do teplé oblasti T 2, hřbety do mírně teplé oblasti MT 7.

Podnebí je tedy poměrně teplé a mírně suché díky mírnému srážkovému stínu Českomoravské vrchoviny: Tišnov 8,0 °C, 579 mm, Veverská Bítýška 559 mm, Kuřim 576 mm, Brno 8,4 °C, Brno - Bohunice 537 mm. Vranov u Brna leží na mírně návětrném svahu Dražanské vrchoviny, srážky zde dosahují 610 mm, v Olomučanech 620 mm. [15]

Nejvyšší polohy mají průměrnou teplotu pod 7 °C. Podnebí je značně modifikováno členitým reliéfem. Hojné jsou teplotní inverze a naopak extrémně suché teplé polohy na jižních svazích. [15]

#### 2.8.4 Půdy

V bioregionu se střídají hnědozemě až hnědozemní černozemě na spraších ve sníženinách a typické kambizemě s luvizeměmi na svazích hřbetů a jejich úpatích. Ojedinele se na vyšších hřbetech objevují kyselé typické kambizemě. Ve skalnatých údolích a na strmých kopcích vystupuje mozaika půd silně ovlivněných geologickým podkladem - různé typy litozemí, rankerů a na vápencích typických rendzin. [15]

#### 2.8.5 Biota

Bioregion leží na rozhraní termofytika a mezofytika. K termofytiku náleží fytogeografický okres 16. Znojensko-brněnská pahorkatina, která sem zasahuje svou severozápadní částí, patří k mezofytiku střední a severní části fytogeografického okresu 68 - Moravské podhůří Vysočiny (avšak bez severozápadně a severně směřujících výběžků).

Vyskytují se zde vegetační stupně kolinní až suprakolinní (submontánní). Rekonstrukčně nižší polohy odpovídají hercynským dubohabřinám, méně (zejména ve východní části) i karpatským, řídce teplomilným doubravám na vápencích. Ve vyšších polohách jsou hojnější bučiny. Na prudších konvexních svazích v jižním sektoru jsou teplomilné doubravy na kyselejších podkladech, v severním sektoru se vyskytují acidofilní doubravy. Konkávní partie hostí suťové lesy. Podél větších vodních toků jsou olšiny. Větší toky jsou lemovány vegetací svazu *Phalaridion arundinaceae*. Primární bezlesí je velmi vzácné, s vegetací svazu *Alyso-Festucion pallentis* a *Geranion sanguinei*. [15]

Přirozená náhradní vegetace na nejextrémnějších stanovištích odpovídá xerothermním trávníkům svazu *Festucion valesiacae* (velmi vzácně), v lemech je vyvinuta vegetace svazu *Geranion sanguinei*, řídceji i *Trifolion medii*. Louky jsou vesměs mezofilní (*Arrhenatherion*), na řídce se vyskytujících prameništích pak svazu *Calthion* (s náznaky slabého slatinění). Křoviny náležejí svazu *Prunion spinosae*, ojedinele na nejextrémnějších stanovištích i *Prunion fruticosae*.

Floristická skladba odpovídá poloze bioregionu na okraji hercynské podprovincie. Skladba mezních a exklávních prvků je podobná jako v Jevišovickém bioregionu. Převažují prvky středoevropské, hercynské (zejména v lesní flóře), vzácně se objevují i druhy karpatského migrantu, např. ostřice převislá (*Carex pendula*), hvězdnatý čemařicový (*Hacquetia epipactis*) a prysec mandloňolistý (*Tithymalus amygdaloides*). Panonské druhy jsou lokálně omezené většinou na vápencové ostrůvky. Náleží k nim dub pýřitý (*Quercus pubescens*), oman oko Kristovo (*Inula oculus-christi*), tuřice úzkolistá (*Vigneia stenophylla*), kavyl sličný (*Stipa pulcherrima*) a len žlutý (*Linum flavum*).

Norické druhy vyznívají od jihu, např. kručinka chlupatá (*Genista pilosa*), křivavec český (*Gagea bohemica*) a brambořík nachový (*Cyclamen purpurascens*). Skuteční dealpidi a perialpidi jsou ojedinělí, náleží k nim penízek chlumní (*Thlaspi montanum*), lomikámen latnatý (*Saxifraga paniculata*) a pěchava vápnomilná (*Sesleria albicans*). Řídký je výskyt slatinných druhů, jako jsou kapradiník bažinný (*Thelypteris palustris*), tuřice latnatá (*Vigna paniculata*), tuřice přiohlá (*V. diandra*), tuřice odchylná (*V. appropinquata*), dříve i tuřice Davallova (*V. davalliana*). [15]

Fauna tohoto regionu je charakterizována jako přechodná mezi třemi podprovinciemi: ze severu a severozápadu hercynskou, z jihu panonskou a z východu s dozníváním vlivů karpatských (např. měkkýši: skalnice lepá, vlahovka karpatská). Fauna regionu je silně ovlivněna brněnskou aglomerací, projevující se synantropním výskytem a sekundární změnou rozšíření různých druhů (např. kuna skalní, poštolka obecná). Většinu ochuzené fauny představují lesní druhy, zástupci panonského prvku (ještěrka zelená, kudlanka nábožná aj.) dodnes přežívají na některých xerothermních lokalitách. Svratka náleží parmovému pásu, Svitava přechodu parmového a lipanového pásma, menší vodní toky patří k pstruhovému pásu.

Žijí zde významné druhy savců: ježek východní (*Erinaceus concolor*), myšice malooká (*Apodemus microps*), kuna skalní (*Martes foina*), vrápenec malý (*Rhinolophus hipposideros*), netopýr velký (*Myotis myotis*), z ptáků strakapoud jižní (*Dendrocopos syriacus*), břehule říční (*Riparia riparia*), cvrčilka slavíková (*Locustella luscinioides*), lejsk malý (*Ficedula parva*), moudivláček lužní (*Remiz pendulinus*), poštolka obecná (*Falco tinnunculus*), z plazů ještěrka zelená (*Lacerta viridis*), z měkkýšů páskovka žíhaná (*Cepaea vindobonensis*), žitovka obilná (*Granaria frumentum*), skalnice lepá (*Helicigona faustina*), vlahovka karpatská (*Monachoides vicina*), závornatka malá (*Clausilia parvula*), zemoun skalní (*Aegopis verticillus*). Z hmyzu se zde vyskytuje kobylka *Ephippigera ephippiger*, kudlanka nábožná (*Mantis religiosa*), pestrokřídlec podražcový (*Zerynthia polyxena*). [15]

## 2.8.6 Kontrasty

Hranice Brněnského bioregionu vůči Lechovickému bioregionu (4.1) je daná vyšším reliéfem na krystaliniku, celkově chladnějším a vlhčím klimatem, a tedy i odlišnou biotou. Nevýrazná je v oblasti okrajových sníženin vyplněných sprašemi. Rozšíření členitějšího reliéfu, vlhčí a chladnější klima a rozdíly v biotě patří k hlavním odlišnostem vůči Jevišovickému bioregionu (1.23). Vůči bioregionu Velkomeziříčskému (1.50) je hranice geomorfologicky neostrá, daná difúzní hranicí rozšíření zarovnaných povrchů, ale relativně ostrá v biotě. Vůči bioregionu Sýkořskému (1.51) je gradient pozvolný a hranice tudíž nevýrazná, daná rozšířením devonských vápenců a slepenců, nižším reliéfem, vyššími teplotami a také bioticky. Hranice se Svitavským bioregionem (1.39) je především biotická, v místech, kde se Svitavský bioregion strmě zvedá, je i ostrá. Vůči Dražanskému bioregionu (1.52) je nevýrazná, daná rozšířením dubohabrových hájů.

Vzhledem k Macošskému bioregionu (1.25) je hranice výrazná - geologická, geomorfologická i biotická.

Od bioregionů Panonika (4.1 - 4.4) se Brněnský bioregion liší absencí panonských dubohabřin (*Primulo veris* - *Carpinetum*) a šípákových doubrav (s výjimkou Čebínky). Mezi druhy chybí typičtí průvodci panonské xerothermní flóry, např. sinokvět měkký (*Jurinea mollis*), kosatec nízký (*Iris pumila*), kručinkovec poléhavý (*Corothis procumbens*). Na rozdíl od bioregionu Jevišovického (1.23), který se vyznačuje větší druhovou diverzitou, jsou přítomny větší relativní výškové rozdíly, a tím i rozsáhlejší ostrůvky bučin, hojnější je např. devětsil bílý (*Petasites albus*), ve vlhkomilné vegetaci chybějí druhy pronikající od jihozápadu, např. bleďule letní (*Leucojum vernum*) a hadí kořen větší (*Bistorta major*). Teplomilná flóra má ostrůvkovitější charakter. Bioregiony Sýkořský (1.51) i Dražanský (1.52) jsou kryty převážně bučinami a chybí v nich většina náročnějších xerothermních typů flóry i vegetace. Macošský bioregion (1.25) se odlišuje úplnou katénou vegetace na vápencích s četnějším zastoupením dealpidů. [15]

### 2.8.7 Současný stav krajiny a ochrana přírody

Prolomy s úrodnými půdami byly osídleny již v průběhu neolitu, hřbety a vyšší polohy byly odlesněny až počátkem středověku. Přirozené lesní porosty zabírají značnou část plochy, zvláště v údolí Svitavy, kde se nachází krásné komplexy bučin, dubohabřin i ostrovů reliktních borů a suťových lesů, často pralesového charakteru. Na ostatním území jsou přirozené lesy zpravidla nahrazeny lignikulturami, ale fragmenty přirozených lesů jsou dosud hojné. V bezlesí převládají pole, přirozená náhradní vegetace je vzácná a více méně omezena na prudší svahy, charakteristická jsou subxerothermní travnatá lada. Rybníky zde prakticky chybí. Bioregion má dosti zachovalou biotu, čemuž také odpovídá hustá síť vyhlášených chráněných území. K nejvýznamnějším patří NPP Červený kopec s geologickým motivem ochrany, dále PR Slunná, PR Babí lom, PR Jelení skok, PR U Nového hradu, PR Jelení žlíbek, PR Břenčák, PR Krnovec a PR Malužín, kde je motivem ochrany především lesní biota podhorského typu, PR Bosonožský hájek s hájovou vegetací. Specifická je PR Kamenný vrch, jedna z nejvýznamnějších xerothermních lokalit přechodné hercynsko-panonské zóny a PR Obůrky - Třeštěnek, kde je motivem ochrany vlhkomilné společenstvo. [15]

Tab. 3: Plošná struktura využití území bioregionu a KES [15]

Plocha bioregionu	Orná půda	Travní porosty	Lesy	Vodní plochy	KES
812 km <sup>2</sup>	34%	4%	40%	1,1%	1,4

Tab. 4: Průměrná četnost směrů větru [16]

	Směr proudění								
	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	bezvětří
<b>Prům. četnost směrů [%]</b>									
roční	13,0	6,9	10,1	10,3	8,8	6,1	5,8	<b>14,5</b>	24,5
pro sílu 2° Beauf.	10,2	5,4	8,0	8,3	6,7	4,5	4,7	11,4	
pro sílu 5° Beauf.	1,5	0,7	0,5	1,8	1,5	0,5	1,1	2,2	
v období VI až VIII	<b>17,5</b>	6,8	7,0	5,8	8,6	7,3	6,6	16,6	23,8
pro sílu 2° Beauf.	13,1	5,4	5,8	4,7	5,3	6,8	5,7	5,2	
pro sílu 5° Beauf.	1,5	0,4	0,4	0,5	1,4	0,6	1,1	1,8	
v období XII až II	10,0	5,1	10,3	13,4	8,7	6,0	6,4	<b>13,8</b>	26,3
pro sílu 2° Beauf.	8,5	3,7	7,5	10,8	5,8	4,3	5,6	11,6	
pro sílu 5° Beauf.	1,1	0,4	0,6	2,5	0,8	0,5	1,5	2,2	

### Vlhkost

Průměrná roční relativní vlhkost vzduchu: 80 %

Průměrný roční úhrn referenční evapotranspirace: 650 mm [21]

### Fenologie

Tab. 5: Průměrné fenologické poměry [21]

Průměrné datum počátku kvetení třešně ptačí	20. 4.
průměrné datum vzcházení pšenice ozimé	10. 10.
průměrné datum počátku metání pšenice ozimé	10. 6.
průměrné datum plné zralosti pšenice ozimé	10.6
průměrné datum vzcházení ječmene jarního	10.8.
průměrné datum počátku metání ječmene jarního	20.4.
průměrné datum plné zralosti ječmene jarního	31.7.

## 2.8.8 Zvláště chráněná území

Dle zákona o ochraně přírody lze území, která jsou přírodovědecky či esteticky velmi významná nebo jedinečná, vyhlásit za zvláště chráněná. Přitom se stanoví podmínky jejich ochrany.

### 2.8.8.1 Přírodní rezervace

Přírodní rezervace (PR) je v zákoně o ochraně přírody definována jako menší území soustředěných přírodních hodnot se zastoupením ekosystémů typických a významných pro příslušnou geografickou oblast.

V řešené lokalitě Brněnské přehrady se nachází tři přírodní rezervace. Jedná se o PR Břenčák, PR Jelení žlíbek a PR Krnovec. [2]

### 1. PR Břenčák

Katastrální území:	Kníničky
Nadmořská výška:	230 – 370 m n. m.
Výměra:	28,07 ha
Vyhlášeno:	1987
Lokalizace:	Členitý a příkrý zalesněný západní okrajový svah okrsku Trnovka je současně východním okrajovým svahem okrsku Veverskobítýšské kotliny (Boskovické brázdy). Leží nad levým břehem Brněnské přehrady, asi 1,5 km východně od Veverské Bítýšky.
Stručná charakteristika:	Přírodě blízká až přirozená lesní společenstva zakrslých doubrav s bohatým zastoupením dřínu obecného a s bohatým výskytem druhů teplomilných rostlin. [2]

### 2. PR Jelení žlíbek

Katastrální území:	Bystrc
Nadmořská výška:	320 – 385 m n. m.
Výměra:	11,99 ha
Vyhlášeno:	1979
Lokalizace:	Levý svah zaříznutého údolí bezejmenného přítoku řeky Svratky na polorovině Omické vrchoviny západně od vrchu Chochola (410,9 m n. m.), 3 km severozápadně od městské části Bystrc.
Stručná charakteristika:	Jedná se o přírodě blízký lesní porost se stářím 120 až 200 let s mohutnými bukovými a také dubovými výstavky. [2]

### 3. PR Krnovec

Katastrální území:	Bystrc
Nadmořská výška:	238 – 304 m n. m.
Výměra:	8,44 ha
Vyhlášeno:	1987
Lokalizace:	Prudké členité svahy východní a severní expozice nad pravým břehem Brněnské přehrady v Hvozdecké pahorkatině. 300 m západně od hradu Veverí a 2 km jihovýchodně od Veverské Bítýšky.



Stručná charakteristika: Jde o přírodě blízká až přirozená lesní společenstva dubohabřin s druhově bohatým bylinným podrostem. [2]

### 2.8.8.2 Přírodní památky

Přírodní památka (PP) je v Zákoně o ochraně přírody a krajiny definována jako přírodní útvar menší rozlohy, zejména geologický či geomorfologický útvar, naleziště vzácných nerostů nebo ohrožených druhů ve fragmentech ekosystémů s regionálním ekologickým, vědeckým či estetickým významem, a to i takový, který vedle přírody formoval svou činností člověk.

V řešené lokalitě Brněnské přehrady je vymezeno pět přírodních památek. Jde o PP Junácká louka, PP Kůlny, PP Na skalách, PP Mniší hora, PP Skalky u Přehrady. [2]

#### 1. PP Junácká louka

Katastrální území: Kníničky  
Nadmořská výška: 240 – 260 m n. m.  
Výměra: 5,03 ha  
Vyhlášeno: 1989  
Lokalizace: Mírné, jižně až jihozápadně ukloněné svahy naproti hradu Veverí na území okrsku Trnovky a nad levým břehem Brněnské přehrady, 6 km severozápadně od městské části Kníničky.

Stručná charakteristika: Luční enkláva uvnitř lesního komplexu Podkomorských lesů s několika mezemi s autochtonními a ovocnými dřevinami. [2]

#### 2. PP Kůlny

Katastrální území: Kníničky  
Nadmořská výška: 235 – 318 m n. m.  
Výměra: 12,14 ha  
Vyhlášeno: 1989  
Lokalizace: Prudké skalnaté svahy nad levým svahem průlomového údolí řeky Svratky, nyní zčásti vyplněného vodami Brněnské přehrady na území okrsku Trnovky, 1 km severovýchodně od hradu Veverí a 5 km severozápadně od městské části Bystřec.

Stručná charakteristika: Přírodě blízká až přirozená lesní společenstva zakrslých doubrav s bohatým zastoupením dřínu obecného a s druhově bohatým bylinným

podrostem. Významná lokalita zvláště chráněných druhů plazů. [2]

**3. PP Na skalách**

Katastrální území: Kníničky  
Nadmořská výška: 250 – 270 m n. m.  
Výměra: 0,07 ha  
Vyhlášeno: 1991  
Lokalizace: Skalní výchoz a příkrý svah na oblém hřebetu s převažující jižní až jihozápadní expozicí v průlomovém údolí řeky Svratky, které je nyní z části zaplněno vodami Brněnské přehrady, v okrsku Trnovka, asi 1 km severně od hradu Veverčí a 6,5 km severozápadně od městské části Brno – Bystř.

Stručná charakteristika: Přírodě blízká až přirozená lesní společenstva zakrslých doubrav s druhově bohatým bylinným podrostem a teplomilná travinobylinná společenstva na skalnatém vápencovém výchozu. [2]

**4. PP Mniší hora**

Katastrální území: Bystř  
Nadmořská výška: 227 – 333 m n. m.  
Výměra: 25,00 ha  
Vyhlášeno: 1950  
Lokalizace: Lesní komplex v nejjižnější části Babího hřebetu na vrcholu a svazích Mniší hory navazuje na severní okraj areálu brněnské zoologické zahrady při východním okraji městské části Kníničky.

Stručná charakteristika: Přírodě blízká až přirozená lesní společenstva dubohabrového lesa s výrazným zastoupením lípy malolisté a druhově bohatým bylinným podrostem. [2]

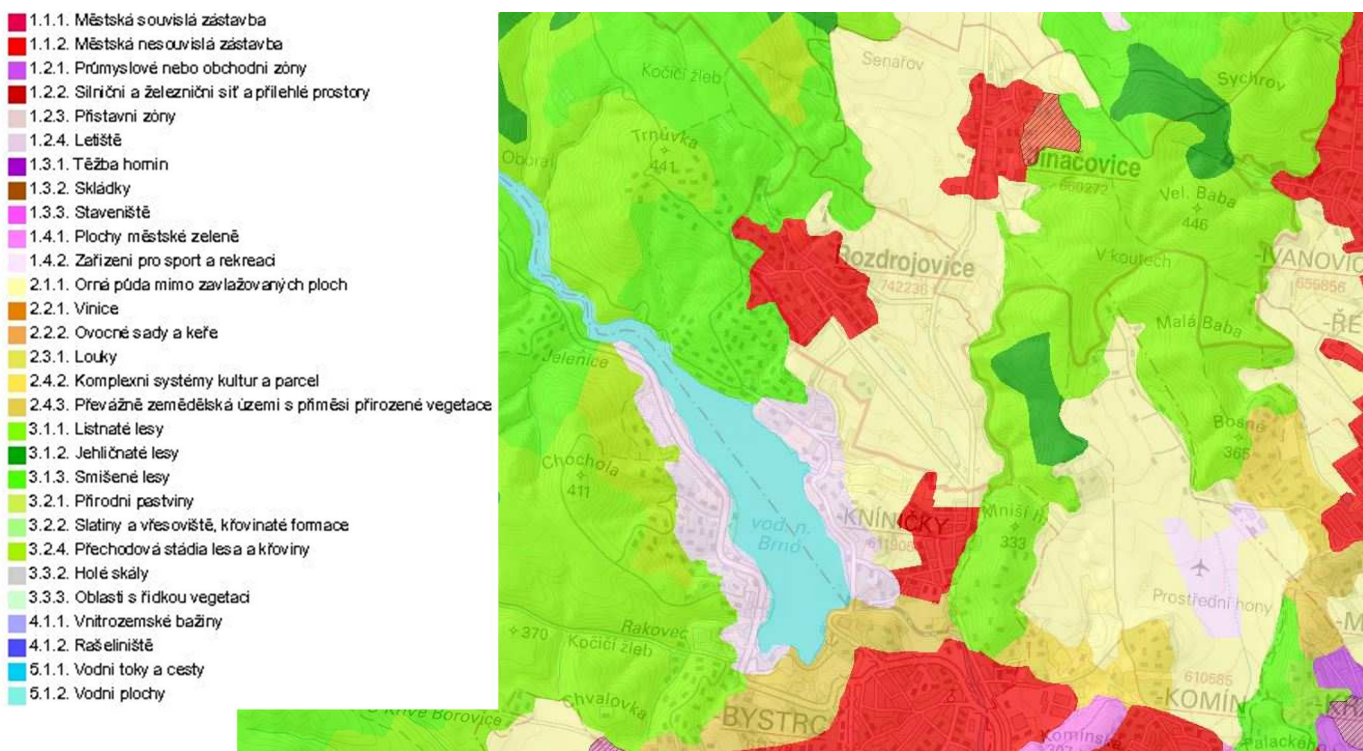
**5. PP Skalky u přehrady**

Katastrální území: Bystř, Kníničky  
Nadmořská výška: 215 – 250 m n. m.  
Výměra: 1,34 ha  
Vyhlášeno: 1989  
Lokalizace: Dvě oddělené plochy na obou příkrých skalnatých svazích průlomového údolí řeky Svratky těsně pod hrází Brněnské přehrady v části Trnovka, 500 m západně od Kníniček.

Stručná charakteristika: Severně exponované svahy pod pravým břehem řeky jsou zarostlé dubohabrovým porostem. Jižně až jihozápadně exponované svahy nad levým břehem řeky mají lesostepní charakter s volnými skalnatými, případně travnatými plochami a roztroušenými dřevinami. Cenná jsou teplomilná společenstva skalních stepí s výskytem řady vzácných druhů rostlin. [2]

## 2.9 PRŮMYSL

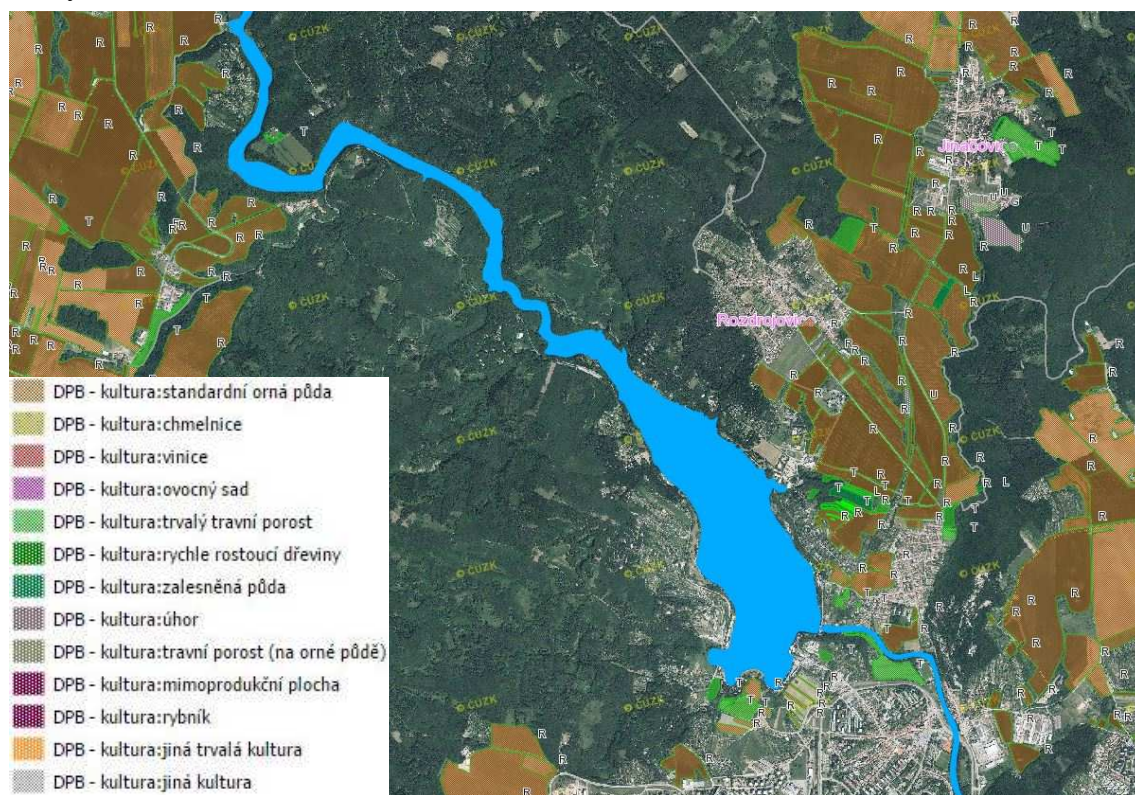
V lokalitě Brněnské přehrady se nevyskytují žádné průmyslové podniky, které by ovlivňovaly cíle diplomové práce a návrh opatření.



Obr. 7 Krajinný pokryv [17]

## 2.10 ZEMĚDĚLSTVÍ

V nejbližším okolí Brněnské přehrady se nevyskytují velké obdělávané půdní bloky.

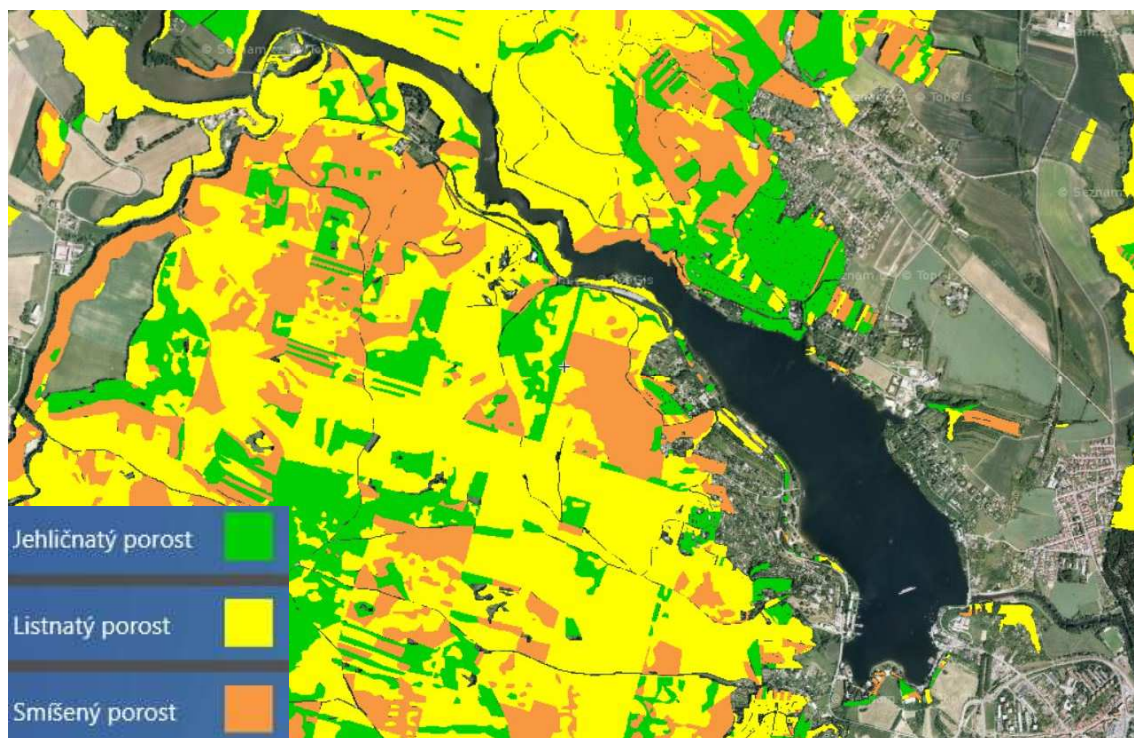


Obr. 8 Registr půdy LPIS [18]

## 2.11 LESNICTVÍ

V okolí Brněnské přehrady se vyskytují velké lesní celky. Většina lesních porostů je majetkem Lesů české republiky, s. p., část vlastní město a nejmenší podíl soukromé osoby.





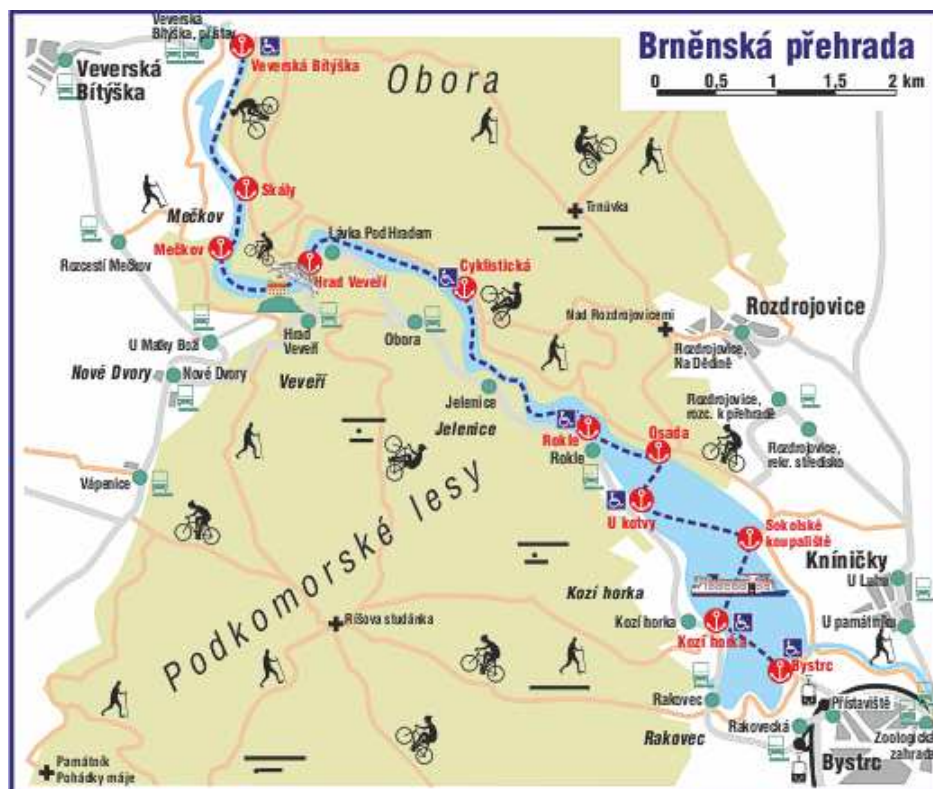
Obr. 9 Složení lesních porostů [19]

## 2.12 REKREAČNÍ VYUŽITÍ

Brněnská přehrada je vzhledem ke své poloze a dostupnosti hromadnou dopravou hojně rekreačně využívána. Je zde mnoho chatových osad (Rakovec, Kozí horka, Rokle, Jelenice, Obora, Mečkov, Osada), penzionů, hotelů, pláží a koupališť. V letních měsících je zde rozšířen surfing, plavba na lodích a šlapadlech. V průběhu měsíců května a června je na Brněnské přehradě každoročně pořádán velmi populární a veřejností hojně navštěvovaný mezinárodní festival ohňostrojů. V zimních měsících, pokud dojde k vytvoření dostatečné tloušťky ledu, je zamrzlá hladina využívána na bruslení a běžkování.

## 2.13 SPLAVNOST

Záměr provozovat na Brněnské přehradě lodní dopravu vznikl už v druhé polovině třicátých let, tedy v době, kdy se přehrada teprve budovala. Provoz lodní dopravy byl zahájen 5. května 1946 na trase Bystrc – Kozí horka – Sokolské koupaliště – Osada – Rokle – Obora – Zouvalka – hrad Veverčí a zpět. V letech 1948 – 1949 byla plavební dráha postupně prodloužena na Mečkov a do Veverské Bítýšky. Lodní dopravu na Brněnské přehradě provozuje Dopravní podnik města Brna, a. s. [7]



Obr. 10: Rekreační využití Brněnské přehrady [7]

## 2.14 GEODETICKÉ PODKLADY

V rámci cvičení předmětu abraze na údolních nádržích bylo provedeno geodetické zaměření lokality Osada na Brněnské přehradě.

Pro výpočet a následný návrh byly použity geodetické podklady z let 2001, 2003 a 2006 poskytnuté Povodím Moravy, s. p. Na základě tohoto zaměření byly provedeny hydrotechnické výpočty a následně návrh opatření.

### **3 ABRAZE**

#### **3.1 CO JE ABRAZE**

Břehová abraze je plošné obrušování pokladu dna a břehu pohybem vody spojené s přemísťováním a ukládáním uvolněného materiálu. Tento jev je problémem většiny nádrží. Vznik a rozvoj je způsobován mnoha faktory, jako je výrazné poškození břehu nádrží nebo vznik abrazních srubů a odplavení mnoha desítek či stovek krychlových metrů zeminy. [5]

#### **3.2 VZNIK ABRAZE**

Podstata přetváření břehů ve vodní nádrži je výsledkem působení mnohých faktorů. Jedná se o proces, na který má vliv vlnění hladiny, ale také další aspekty, které zapříčiňují vznik abraze.

Z hlediska vody je to především dlouhodobý režim údolní nádrže, úroveň hladiny vody, minimální, průměrná a maximální, ale také vliv lodní dopravy. Mezi další faktory, které mají výrazný vliv na stabilitu břehů nádrží, patří především geologická stabilita území, morfologický tvar břehu, fyzikálně-mechanické vlastnosti hornin, ale také vliv proudění podzemní vody, klimatické podmínky a sklon svahu tvořící břeh. [5]

#### **3.3 KRITÉRIA POSOUZENÍ ROZSAHU ABRAZE**

Již vzniklá abrazní poškození na vodních nádržích je potřeba posoudit dle jejich rozsahu. Můžeme posoudit velikost abrazního poškození břehů nádrží podle následujících kritérií.

##### **1. stupeň abraze**

Rozsáhlé poškození břehů nejintenzivnější abrazní činností, jedná se o nejexponovanější úseky z hlediska vlnové činnosti. Sklon svahů je strmý až svislý, odpor vůči rozrušení je minimální. Výška abrazního srubu je vyšší než 3 m.

##### **2. stupeň abraze**

Intenzivní abrazní činnost, strmé, téměř kolmé stěny abrazního srubu, jehož výška dosahuje 1 – 3 m. Vegetační kryt je v rámci protiabrazní ochrany neúčinný (obdobně jako v předchozím případě).

##### **3. stupeň abraze**

Nevýrazné abrazní poškození břehů, které jsou tvořeny mírně rozmyvatelnými horninami. Výška abrazního srubu je 0,5 – 1 m. Jedná se především o mírné svahy tvořící břeh nádrže, kde se může projevit ochranné působení vhodných břehových porostů.

#### **4. stupeň abraze**

Velmi mírná abraze, charakteristická malým množstvím rozrušeného materiálu. Abrazní sruby dosahují maximální výšky 0,5 m, břeh je tvořen buď těžko rozmyvatelnými horninami, nebo má plážový charakter. Pozvolné břehy je možno vhodně stabilizovat nízkými lesními porosty, vitálními travními koberci.

#### **5. stupeň abraze**

Břehy bez abraze – jsou tvořeny těžko rozmyvatelnými horninami, případně břehy nacházející se v krytých zátokách, ve větrném stínu a jsou vhodně chráněny břehovými porosty. [5]

### **3.4 PROTIABRAZNÍ OPATŘENÍ**

#### **3.4.1 Aktivní opatření**

Mezi aktivní opatření patří podélné usměrňovací stavby, které jsou budovány podél pobřeží. Do podélných usměrňovacích staveb patří podélná břehová lavice a podélná přerušovaná hrázka.

Příčné usměrňovací stavby jsou budovány kolmo nebo šikmo na břehovou linii. Do této kategorie patří výhony kolmé k břehové čáře a výhony šikmé k břehové čáře.

K dalšímu aktivnímu opatření patří kombinované usměrňovací stavby tvořené z přerušovaných podélných staveb a na ně kolmých příčných staveb, které je spojují s břehem. Podélné stabilizační stavby částečně eliminují vliv vlnění na břehy a s nimi svázané příčné stavby zabraňují odnosu materiálů. Propustné vlnolamy jsou tvořeny z kamenné hrázky a stěnou z prefabrikovaných nebo betonových bloků volně instalovaných vedle sebe. Nepropustné vlnolamy jsou nejčastěji tvořeny nepropustnou betonovou stěnou. [5]

#### **3.4.2 Pasivní opatření**

Do pasivního opatření řadíme opěrné zdi, které jsou budovány především u břehů nádrží zasahujících do intravilánu nebo tam, kde nejsou jiné způsoby opevnění schopny plně zaručit stabilitu břehu. Kolmé opěrné zdi se navrhuje i v místech přístavišť a tam, kde je vyžadována lodní doprava.

U nevegetačního opevnění a obkladů břehů se užívají těžké kamenné záhozy, kamenné paty prolévané betonem, kamenné svahové paty, železobetonové prefabrikované konstrukce, kamenné dlažby do betonového lože nebo asfaltem prolévané kamenné rovnániny.

Dalším typem je vegetační opevnění břehu, kde se dnes užívají dřeviny rodu salix. Dřevinné porosty je nutné doplnit bylinným patrem a protierozním travním kobercem. Bylinné a dřevinné porosty často vznikají přirozenou sukcesí a náletem.



Kombinované – biotechnické pevnění se jeví jako jeden z nejvýhodnějších typů břehových opevnění. Technický prvek se umísťuje v oblasti největšího namáhání břehu, vegetační prvky opevnění v části méně namáhané v oblasti působení výběhu vlny. Jedná se o oživené kamenné rovnániny, oživené kamenné záhozy a vegetační tvárnice. [5]

### **3.4.3 Technické způsoby stabilizace břehů**

Jedná se především o kamenné paty svahů, betonové nebo železobetonové opěrné zdi, kamenné záhozy, kamenné pohozy, dlažby, prefabrikovaná opatření a drátokamenné matrace. [5]

### **3.4.4 Biologické způsoby stabilizace**

Mezi metody biologické stabilizace patří živá vegetační opevnění, především břehové porosty keřových vrb, porosty rákosin v pásmu sublitorálním, travní koberce a stromové porosty. [5]

### **3.4.5 Biotechnické způsoby stabilizace**

Jsou tvořeny kombinací technických a biologických stabilizačních prvků (haťové válce, haťošterkové válce, zápletové plůtky a oživené kamenné plůtky). [5]

### **3.4.6 Vlnolamy**

Vlnolamy mohou být zatopené, polozatopené, vynořené, propustné, pevné nebo pohyblivé. [5]

## 4 HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

Prvotním krokem před samotným návrhem opatření proti abrazi je již vzniklou abrazi zatřídit a vyhodnotit. Třídění bylo provedeno dle kapitoly 3.3.

Pro zajištění stability břehu je nutné určit výšku (m n. m.) potenciální paty abrazního srubu. Právě to je oblast, kde by mělo být provedeno nejsilnější opevnění břehu.

Metodika určení paty nejvýše položeného abrazního srubu vychází z určitých předpokladů. Jsou to především znalost nejčtenější hladiny v nádrži a výška návrhové vlny.

Pata abrazního srubu se bude dle předpokládané teorie posouvat až k abrazní terminantě. Zde se ve svém postupu zastaví. Břeh nad abrazní terminantou bude dlouhodobě erodován, až se sklon svahu ustálí v závislosti na úhlu vnitřního tření zeminy, kterou je tvořen. V případě nádrže Brno by se jednalo o ústup břehové čáry v desítkách metrů od úrovně současného stavu. To vše by nastalo, pokud by nedošlo k řádné stabilizaci břehu. [5]

### 4.1 POSOUZENÍ STAVU ABRAZE

Posouzení stavu abraze na Brněnské přehradě bylo provedeno na základě osobní prohlídky lokality v prosinci 2016, při které byla pořízena fotodokumentace. Rozmístění jednotlivých řezů v lokalitě je patrné v příloze 3: *Koordinální situace*.

#### Oblast řezů 1 až 10

Začátek sledovaného úseku přímo sousedící s rekreačním objektem na břehu přehrady. U rekreačního objektu je patrná snaha majitelů zastavit postup abraze pomocí opěrných zdí případně dřevěných zábran.

Přímo nad převísem se nachází rekreační chata vzdálená přibližně 3 až 4 m od srázu vytvořeným působením abraze.

V patě abrazního srubu je patrný odnos jemnozrnného materiálu, který je odnášen vodou a dochází k jeho ukládání v nádrži. Dočasně zde zůstává hrubozrnnější materiál, který bude působením okolních vlivů následně také přemístěn do nádrže.

V tomto břehovém úseku dochází ke zkoušení účinnosti protiabrazních opatření.

Abrazní srub zde dosahuje výšky až 4,5 m, jedná se o první stupeň abraze.

#### Oblast řezů 11 až 16

V úseku břehu nádrže, který byl v 50-tých a následně 70-tých letech upravován pro potřeby loděnice, bylo provedeno snížení terénu a jeho stabilizace. V místech, ve kterých nedošlo k úpravě terénu, je vysoký (až čtyřmetrový) abrazní srub. Přibližně v umístění příčného profilu 14 je patrný utržený převís, jehož rozmývání zabraňují keře.

Jedná se o první stupeň abraze.

### **Oblast řezů 17 až 21**

V úseku břehu s rekreačními objekty můžeme registrovat utržené převisy a rozmývání jemnozrnných složek zeminy. V poslední části tohoto úseku je použito technické opevnění prefabrikovanými dílci, které zabraňují rozšiřování abrazního srubu v okolí rekreačních objektů. Výška abrazního srubu dosahuje 2 – 3,5 m, jedná se o druhý stupeň abrazního poškození.

### **Oblast řezů 22 až 27**

V úseku břehu s největším abrazním poškozením na Brněnské přehradě jsou k vidění spadlé převisy prorostlé trávou, ale i převisy obsahující vzrostlé stromy o celkovém objemu zeminy několika metrů krychlových. Nachází se zde i převis, který hrozí utržením. Výška abrazního srubu dosahuje 4 – 5 m, jedná se o první stupeň abrazního poškození.

## **4.2 ČETNOST HLADIN V NÁDRŽI**

K určení úrovně nejčastější hladiny  $M_{n_{max}}$  je třeba shromáždit měření nadmořských výšek hladin za co nejdelší období, alespoň 5 až 10 let. Zkušenosti získané dlouhodobým měřením a zpracováním naměřených výsledků ukazují, že pravděpodobný počátek vzniku abraze, tedy místo vzniku paty budoucího nejvýše položeného abrazního srubu, můžeme očekávat v blízkosti maximální hladiny zásobního prostoru, případně výše v oblasti neovladatelného retenčního prostoru nádrže. [5]

### **Přehledný postup určení nejčastější hladiny v nádrži:**

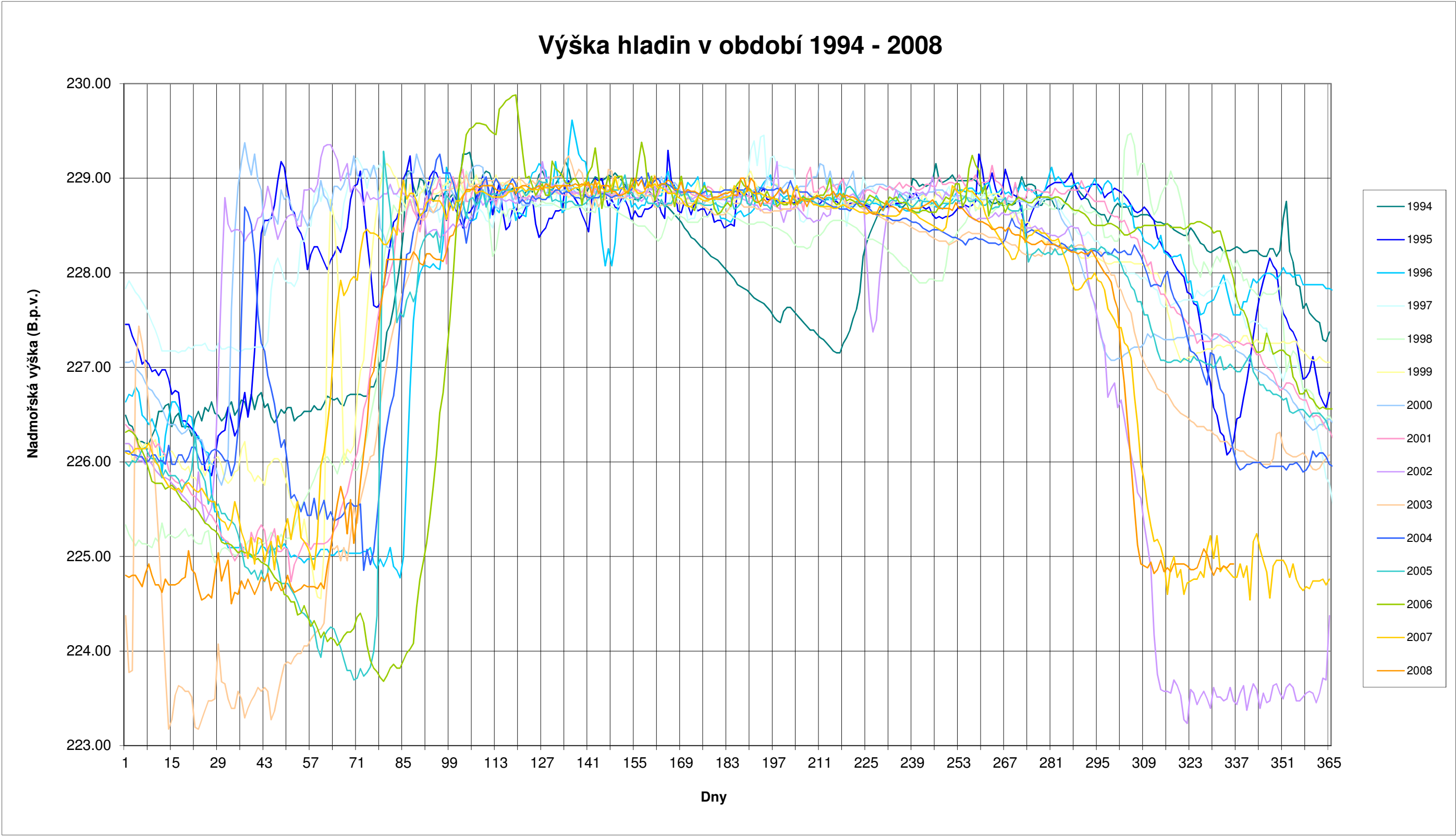
1. Získání dat denního měření úrovně hladiny v posuzované nádrži za co nejdelší časový úsek (alespoň 5, 10 či více let).
2. Zpracování podkladů a následné vynesení histogramů „četnosti výskytu hladin za rozhodující období“ v jednotlivých letech.
3. Specifikace pojmu „rozhodující období“ a následný výběr tohoto období je nejvhodnější z předem sestrojených grafů průběhů hladin v jednotlivých letech. Vizuálně určíme období setrvalých nejvyšších vodních stavů a stanovíme nejnižší a nejvyšší hladinu ohraničující toto období.
4. Intervaly s nejčastějším výskytem hladin v rozhodujícím období v jednotlivých letech tvoří třídní intervaly závěrečného vyhodnocení četnosti výskytu za rozhodující období ve sledovaném časovém úseku.
5. Střední hodnota intervalu s nejčastějším výskytem hladiny se nazývá nejčastější hladinou  $M_{n_{max}}$ . [5]

#### **4.2.1 Rozhodovací období**

Pro zjištění nejčtetnější hladiny  $Mn_{max}$  byla použita data výšky hladin z let 1994 až 2008. Výskyty hladin v jednotlivých dnech byly zpracovány do přehledných tabulek a grafů. Ze zkoumaných výskytů hladin bylo určeno **rozhodovací období od 9. 4. do 14. 10.**

#### **4.2.2 Nejčtetnější hladina $Mn_{max}$**

Nejčtetnější hladina byla určena z měření výskytu hladin na Brněnské přehradě za období 15 let.



Graf 1: Výška hladin v období 1994 - 2008

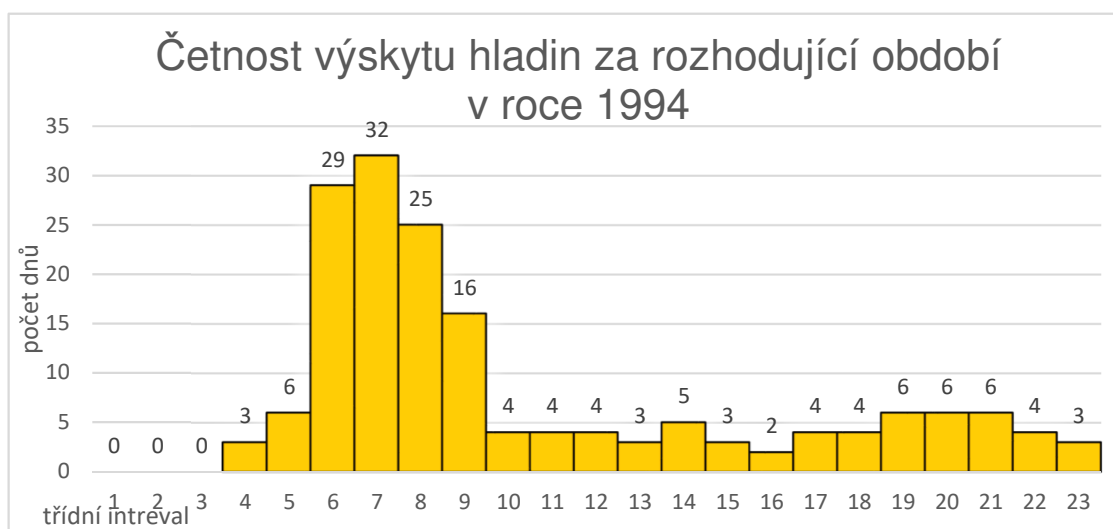
### 4.2.3 Četnost výskytu hladin – rok 1994

Tab. 6: Četnost výskytu hladin za rok 1994

Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 1994				
i	třídní interval			četnost
(-)	(m n. m.)			(-)
1	229,61	-	229,51	0
2	229,50	-	229,40	0
3	229,39	-	229,29	0
4	229,28	-	229,18	3
5	229,17	-	229,07	6
6	229,06	-	228,96	29
7	228,95	-	228,85	32
8	228,84	-	228,74	25
9	228,73	-	228,63	16
10	228,62	-	228,52	4
11	228,51	-	228,41	4
12	228,40	-	228,30	4
13	228,29	-	228,19	3
14	228,18	-	228,08	5
15	228,07	-	227,97	3
16	227,96	-	227,86	2
17	227,85	-	227,75	4
18	227,74	-	227,64	4
19	227,63	-	227,53	6
20	227,52	-	227,42	6
21	227,41	-	227,31	6
22	227,30	-	227,20	4
23	227,19	-	227,14	3



Graf 2: Průběh výšky hladiny v roce 1994



Graf 3: Četnost výskytu hladin za rok 1994

#### 4.2.4 Četnost výskytu hladin – rok 1995

Tab. 7: Četnost výskytu hladin za rok 1995

Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 1995				
i	třídní interval			četnost
(-)	(m n. m.)			(-)
1	229,61	-	229,51	0
2	229,50	-	229,40	0
3	229,39	-	229,29	1
4	229,28	-	229,18	1
5	229,17	-	229,07	2
6	229,06	-	228,96	11
7	228,95	-	228,85	18
8	228,84	-	228,74	50
9	228,73	-	228,63	48
10	228,62	-	228,52	24
11	228,51	-	228,41	9
12	228,40	-	228,30	1
13	228,29	-	228,19	0
14	228,18	-	228,08	0
15	228,07	-	227,97	0
16	227,96	-	227,86	0
17	227,85	-	227,75	0
18	227,74	-	227,64	0
19	227,63	-	227,53	0
20	227,52	-	227,42	0
21	227,41	-	227,31	0
22	227,30	-	227,20	0
23	227,19	-	227,14	0





Graf 4: Průběh výšky hladiny v roce 1995



Graf 5: Četnost výskytu hladin za rok 1995

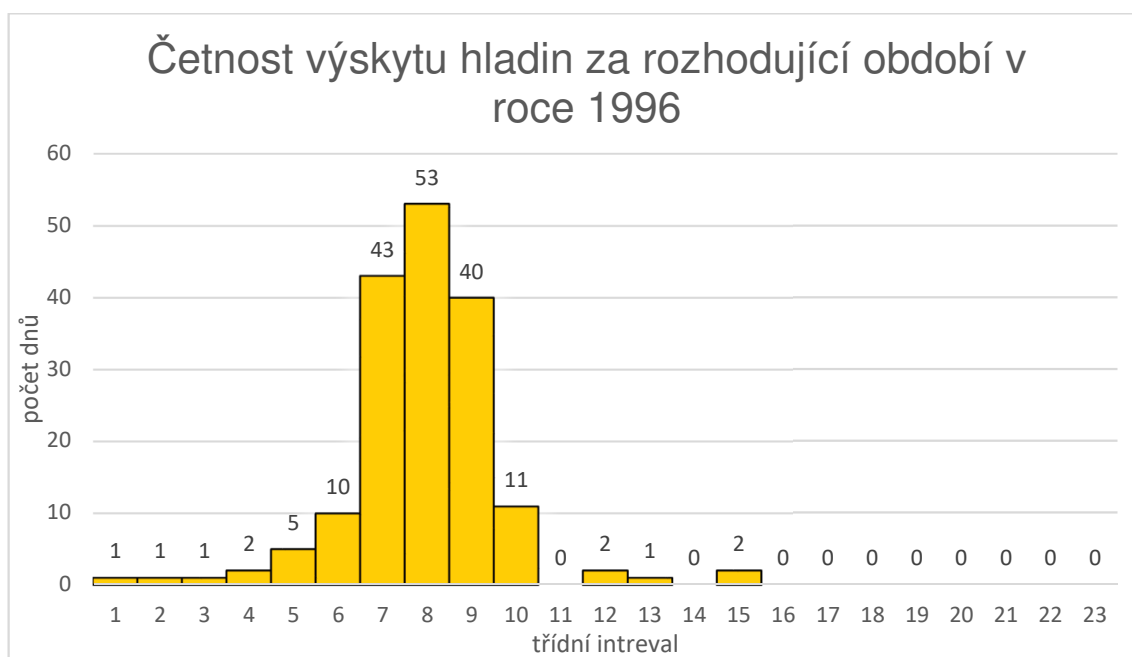
#### 4.2.5 Četnost výskytu hladin – rok 1996

Tab. 8: Četnost výskytu hladin za rok 1996

Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 1996				
i	třídní interval			četnost
(-)	(m n. m.)			(-)
1	229,62	-	229,52	1
2	229,51	-	229,41	1
3	229,40	-	229,30	1
4	229,29	-	229,19	2
5	229,18	-	229,08	5
6	229,07	-	228,97	10
7	228,96	-	228,86	43
8	228,85	-	228,75	53
9	228,74	-	228,64	40
10	228,63	-	228,53	11
11	228,52	-	228,42	0
12	228,41	-	228,31	2
13	228,30	-	228,20	1
14	228,19	-	228,09	0
15	228,08	-	227,98	2
16	227,97	-	227,87	0
17	227,86	-	227,76	0
18	227,75	-	227,65	0
19	227,64	-	227,54	0
20	227,53	-	227,43	0
21	227,42	-	227,32	0
22	227,31	-	227,21	0
23	227,20	-	227,14	0



Graf 6: Průběh výšky hladiny v roce 1996



Graf 7: Četnost výskytu hladin za rok 1996

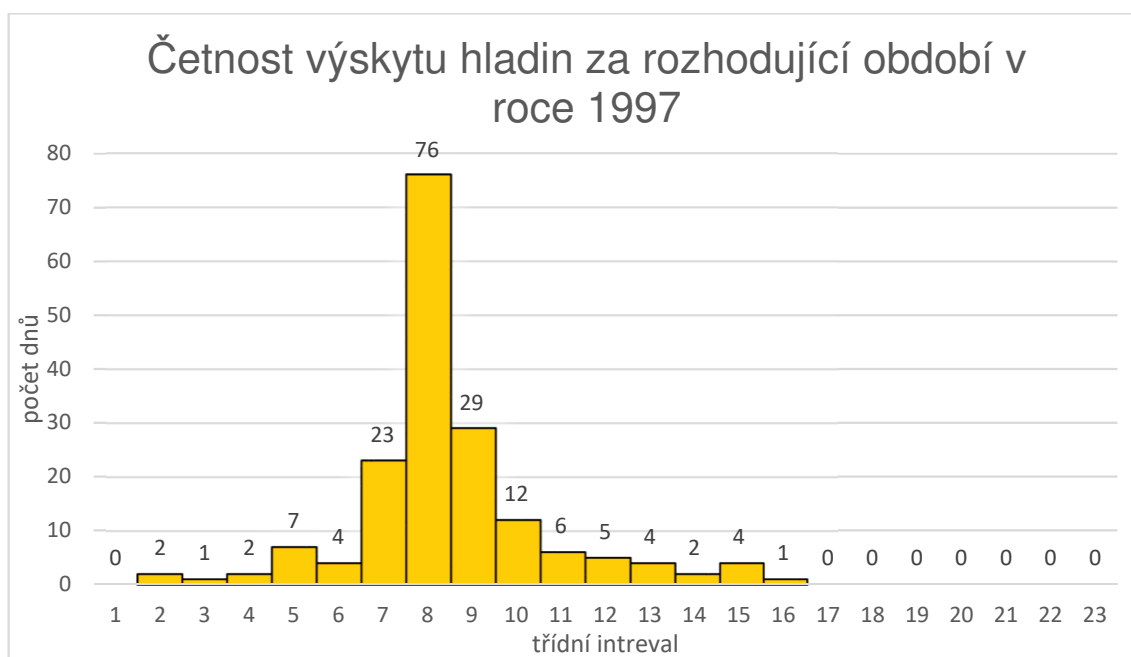
#### 4.2.6 Četnost výskytu hladin – rok 1997

Tab. 9: Četnost výskytu hladin za rok 1997

Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 1997				
i	třídní interval			četnost
(-)	(m n. m.)			(-)
1	229,61	-	229,51	0
2	229,50	-	229,40	2
3	229,39	-	229,29	1
4	229,28	-	229,18	2
5	229,17	-	229,07	7
6	229,06	-	228,96	4
7	228,95	-	228,85	23
8	228,84	-	228,74	76
9	228,73	-	228,63	29
10	228,62	-	228,52	12
11	228,51	-	228,41	6
12	228,40	-	228,30	5
13	228,29	-	228,19	4
14	228,18	-	228,08	2
15	228,07	-	227,97	4
16	227,96	-	227,86	1
17	227,85	-	227,75	0
18	227,74	-	227,64	0
19	227,63	-	227,53	0
20	227,52	-	227,42	0
21	227,41	-	227,31	0
22	227,30	-	227,20	0
23	227,19	-	227,14	0



Graf 8: Průběh výšky hladiny v roce 1997



Graf 9: Četnost výskytu hladin za rok 1997

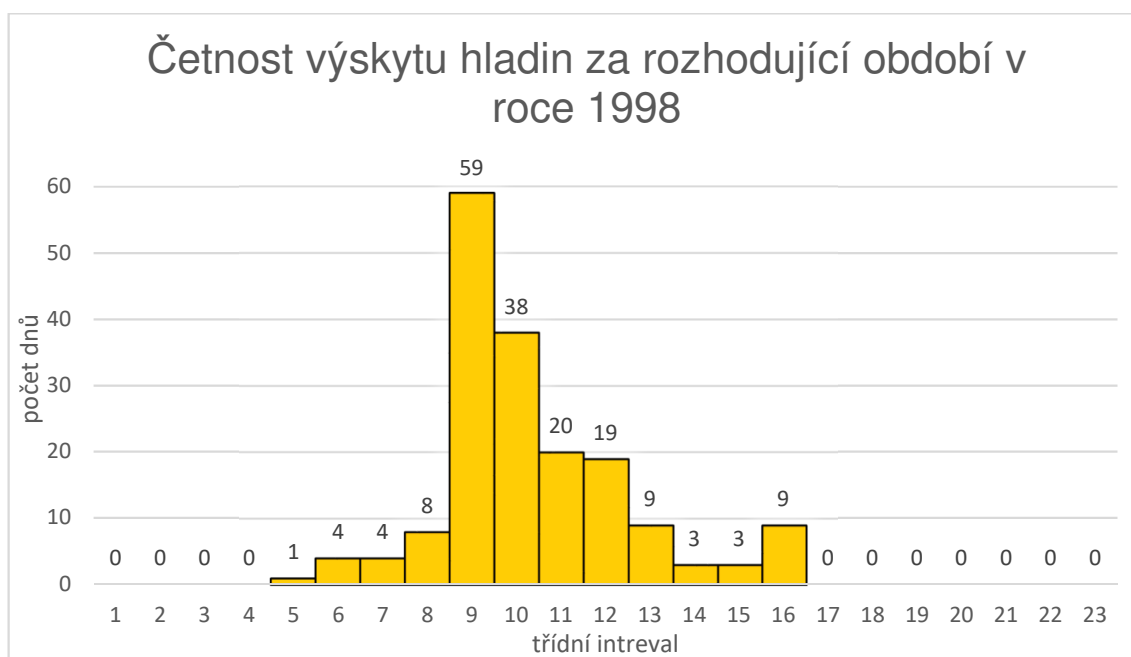
#### 4.2.7 Četnost výskytu hladin – rok 1998

Tab. 10: Četnost výskytu hladin za rok 1998

Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 1998				
i	třídní interval			četnost
(-)	(m n. m.)			(-)
1	229,61	-	229,51	0
2	229,50	-	229,40	0
3	229,39	-	229,29	0
4	229,28	-	229,18	0
5	229,17	-	229,07	1
6	229,06	-	228,96	4
7	228,95	-	228,85	4
8	228,84	-	228,74	8
9	228,73	-	228,63	59
10	228,62	-	228,52	38
11	228,51	-	228,41	20
12	228,40	-	228,30	19
13	228,29	-	228,19	9
14	228,18	-	228,08	3
15	228,07	-	227,97	3
16	227,96	-	227,86	9
17	227,85	-	227,75	0
18	227,74	-	227,64	0
19	227,63	-	227,53	0
20	227,52	-	227,42	0
21	227,41	-	227,31	0
22	227,30	-	227,20	0
23	227,19	-	227,14	0



Graf 10: Průběh výšky hladiny v roce 1998



Graf 11: Četnost výskytu hladin za rok 1998

#### 4.2.8 Četnost výskytu hladin – rok 1999

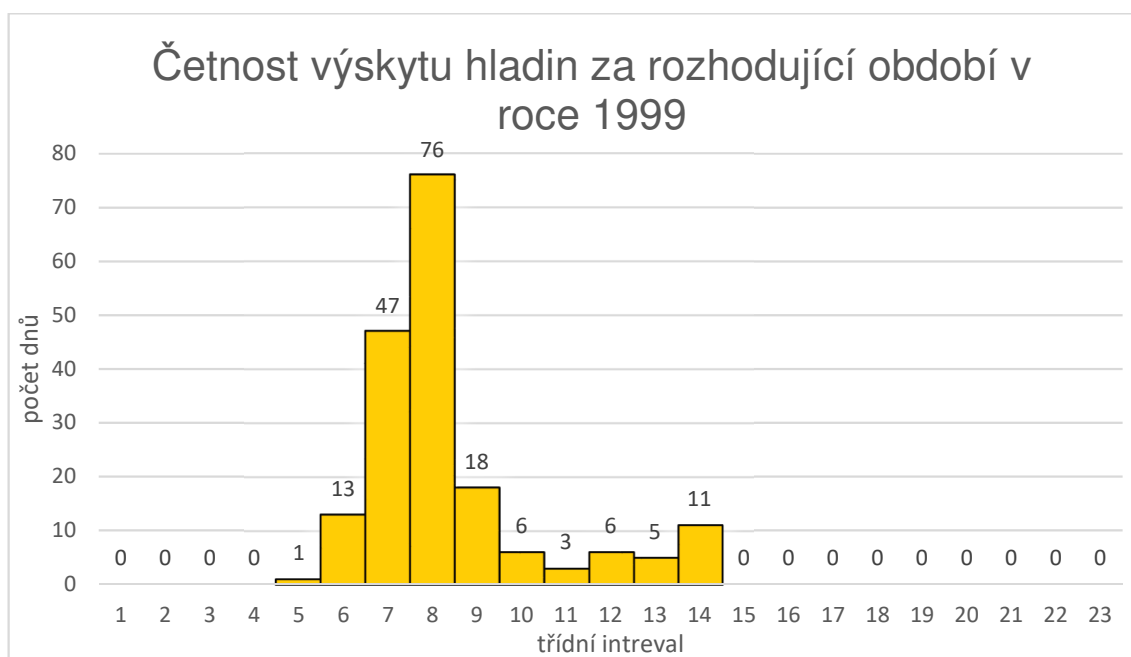
Tab. 11: Četnost výskytu hladin za rok 1999

Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 1999				
i	třídní interval			četnost
(-)	(m n. m.)			(-)
1	229,61	-	229,51	0
2	229,50	-	229,40	0
3	229,39	-	229,29	0
4	229,28	-	229,18	0
5	229,17	-	229,07	1
6	229,06	-	228,96	13
7	228,95	-	228,85	47
8	228,84	-	228,74	76
9	228,73	-	228,63	18
10	228,62	-	228,52	6
11	228,51	-	228,41	3
12	228,40	-	228,30	6
13	228,29	-	228,19	5
14	228,18	-	228,08	11
15	228,07	-	227,97	0
16	227,96	-	227,86	0
17	227,85	-	227,75	0
18	227,74	-	227,64	0
19	227,63	-	227,53	0
20	227,52	-	227,42	0
21	227,41	-	227,31	0
22	227,30	-	227,20	0
23	227,19	-	227,14	0





Graf 12: Průběh výšky hladiny v roce 1999



Graf 13: Četnost výskytu hladin za rok 1999

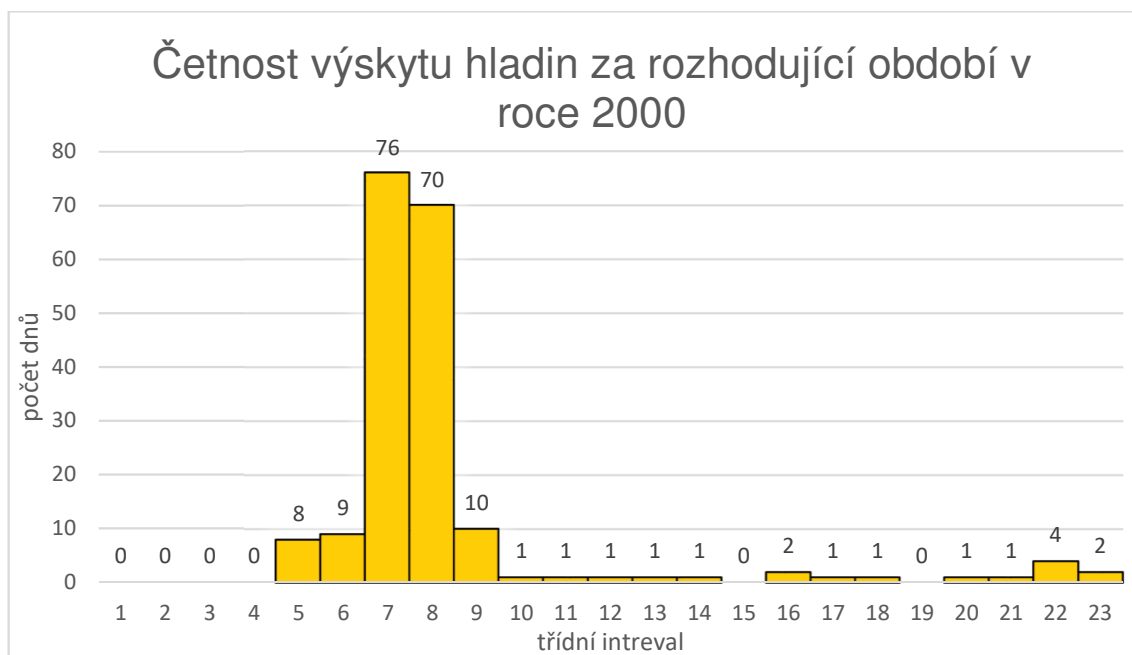
#### 4.2.9 Četnost výskytu hladin – rok 2000

Tab. 12: Četnost výskytu hladin za rok 2000

Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2000				
i	třídní interval			četnost
(-)	(m n. m.)			(-)
1	229,61	-	229,51	0
2	229,50	-	229,40	0
3	229,39	-	229,29	0
4	229,28	-	229,18	0
5	229,17	-	229,07	8
6	229,06	-	228,96	9
7	228,95	-	228,85	76
8	228,84	-	228,74	70
9	228,73	-	228,63	10
10	228,62	-	228,52	1
11	228,51	-	228,41	1
12	228,40	-	228,30	1
13	228,29	-	228,19	1
14	228,18	-	228,08	1
15	228,07	-	227,97	0
16	227,96	-	227,86	2
17	227,85	-	227,75	1
18	227,74	-	227,64	1
19	227,63	-	227,53	0
20	227,52	-	227,42	1
21	227,41	-	227,31	1
22	227,30	-	227,20	4
23	227,19	-	227,14	2



Graf 14: Průběh výšky hladiny v roce 2000



Graf 15: Četnost výskytu hladin za rok 2000

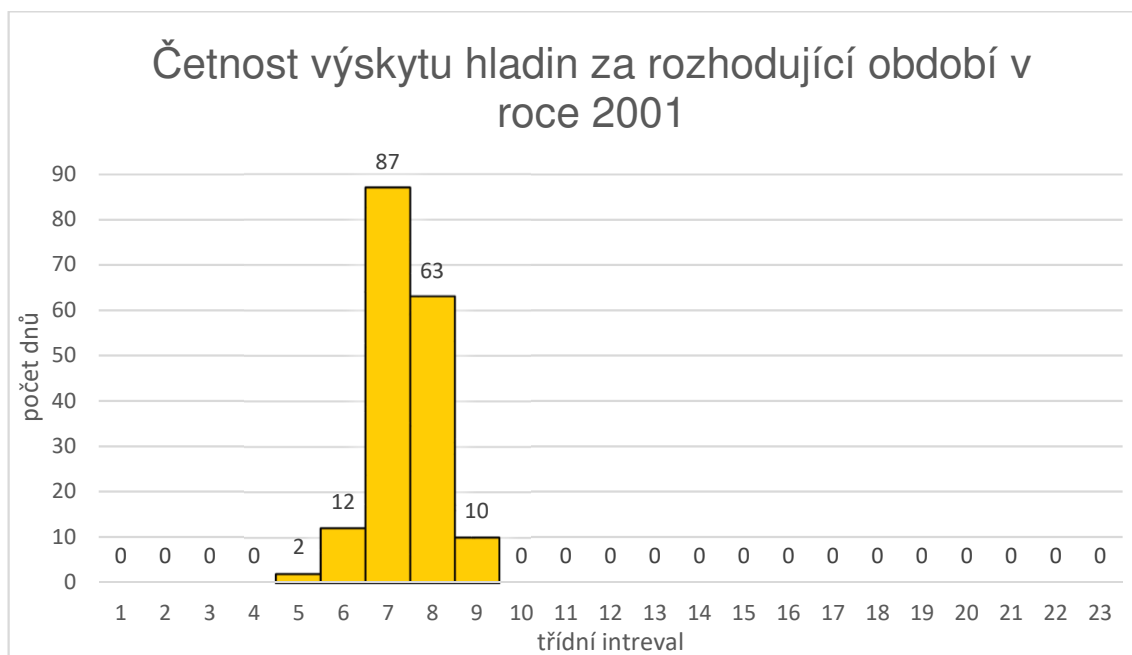
#### 4.2.10 Četnost výskytu hladin – rok 2001

Tab. 13: Četnost výskytu hladin za rok 2001

Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2001				
i	třídní interval			četnost
(-)	(m n. m.)			(-)
1	229,61	-	229,51	0
2	229,50	-	229,40	0
3	229,39	-	229,29	0
4	229,28	-	229,18	0
5	229,17	-	229,07	2
6	229,06	-	228,96	12
7	228,95	-	228,85	87
8	228,84	-	228,74	63
9	228,73	-	228,63	10
10	228,62	-	228,52	0
11	228,51	-	228,41	0
12	228,40	-	228,30	0
13	228,29	-	228,19	0
14	228,18	-	228,08	0
15	228,07	-	227,97	0
16	227,96	-	227,86	0
17	227,85	-	227,75	0
18	227,74	-	227,64	0
19	227,63	-	227,53	0
20	227,52	-	227,42	0
21	227,41	-	227,31	0
22	227,30	-	227,20	0
23	227,19	-	227,14	0



Graf 16: Průběh výšky hladiny v roce 2001



Graf 17: Četnost výskytu hladin za rok 2001

#### 4.2.11 Četnost výskytu hladin – rok 2002

Tab. 14: Četnost výskytu hladin za rok 2002

Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2002				
i	třídní interval			četnost
(-)	(m n. m.)			(-)
1	229,61	-	229,51	0
2	229,50	-	229,40	0
3	229,39	-	229,29	0
4	229,28	-	229,18	0
5	229,17	-	229,07	0
6	229,06	-	228,96	5
7	228,95	-	228,85	24
8	228,84	-	228,74	75
9	228,73	-	228,63	24
10	228,62	-	228,52	21
11	228,51	-	228,41	14
12	228,40	-	228,30	5
13	228,29	-	228,19	1
14	228,18	-	228,08	1
15	228,07	-	227,97	0
16	227,96	-	227,86	2
17	227,85	-	227,75	1
18	227,74	-	227,64	1
19	227,63	-	227,53	1
20	227,52	-	227,42	2
21	227,41	-	227,31	2
22	227,30	-	227,20	1
23	227,19	-	227,14	0



Graf 18: Průběh výšek hladiny v roce 2002



Graf 19: Četnost výskytu hladin za rok 2002

#### 4.2.12 Četnost výskytu hladin – rok 2003

Tab. 15: Četnost výskytu hladin za rok 2003

Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2003				
i	třídní interval			četnost
(-)	(m n. m.)			(-)
1	229,61	-	229,51	0
2	229,50	-	229,40	0
3	229,39	-	229,29	0
4	229,28	-	229,18	2
5	229,17	-	229,07	4
6	229,06	-	228,96	17
7	228,95	-	228,85	13
8	228,84	-	228,74	24
9	228,73	-	228,63	43
10	228,62	-	228,52	12
11	228,51	-	228,41	12
12	228,40	-	228,30	19
13	228,29	-	228,19	21
14	228,18	-	228,08	3
15	228,07	-	227,97	3
16	227,96	-	227,86	0
17	227,85	-	227,75	1
18	227,74	-	227,64	1
19	227,63	-	227,53	1
20	227,52	-	227,42	0
21	227,41	-	227,31	1
22	227,30	-	227,20	1
23	227,19	-	227,14	0





Graf 20: Průběh výšky hladiny v roce 2003



Graf 21: Četnost výskytu hladin za rok 2003

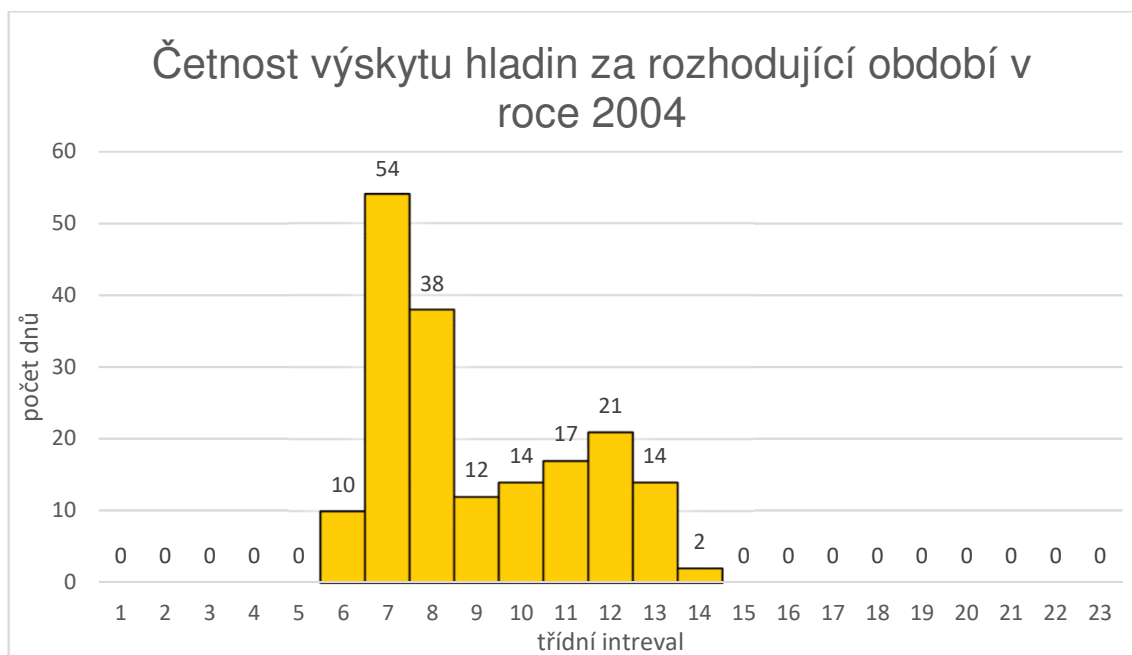
#### 4.2.13 Četnost výskytu hladin – rok 2004

Tab. 16: Četnost výskytu hladin za rok 2004

Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2004				
i	třídní interval			četnost
(-)	(m n. m.)			(-)
1	229,61	-	229,51	0
2	229,50	-	229,40	0
3	229,39	-	229,29	0
4	229,28	-	229,18	0
5	229,17	-	229,07	0
6	229,06	-	228,96	10
7	228,95	-	228,85	54
8	228,84	-	228,74	38
9	228,73	-	228,63	12
10	228,62	-	228,52	14
11	228,51	-	228,41	17
12	228,40	-	228,30	21
13	228,29	-	228,19	14
14	228,18	-	228,08	2
15	228,07	-	227,97	0
16	227,96	-	227,86	0
17	227,85	-	227,75	0
18	227,74	-	227,64	0
19	227,63	-	227,53	0
20	227,52	-	227,42	0
21	227,41	-	227,31	0
22	227,30	-	227,20	0
23	227,19	-	227,14	0



Graf 22: Průběh výšky hladiny v roce 2004

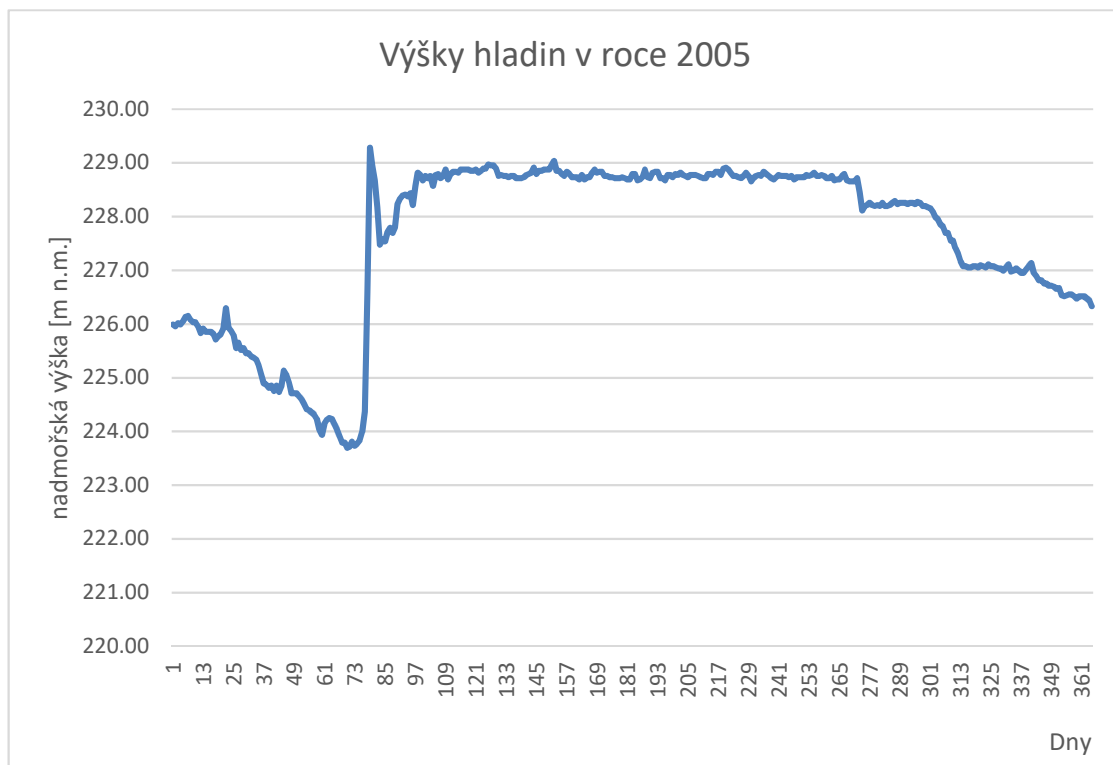


Graf 23: Četnost výskytu hladin za rok 2004

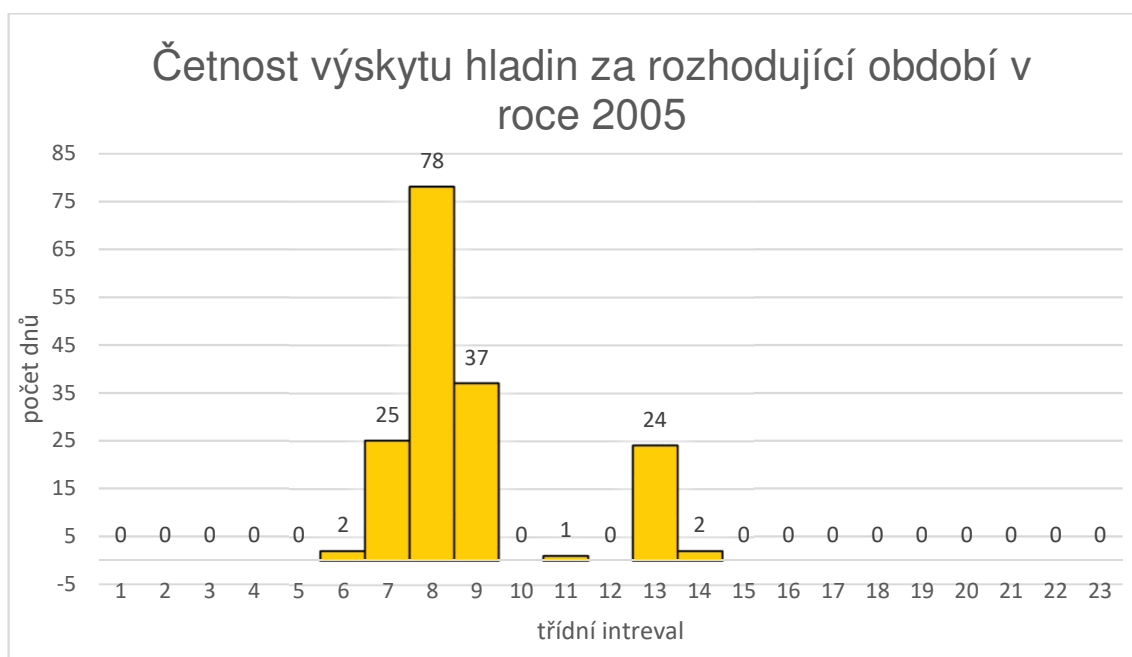
#### 4.2.14 Četnost výskytu hladin – rok 2005

Tab. 17: Četnost výskytu hladin za rok 2005

Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2005				
i	třídní interval			četnost
(-)	(m n. m.)			(-)
1	229,61	-	229,51	0
2	229,50	-	229,40	0
3	229,39	-	229,29	0
4	229,28	-	229,18	0
5	229,17	-	229,07	0
6	229,06	-	228,96	2
7	228,95	-	228,85	25
8	228,84	-	228,74	78
9	228,73	-	228,63	37
10	228,62	-	228,52	0
11	228,51	-	228,41	1
12	228,40	-	228,30	0
13	228,29	-	228,19	24
14	228,18	-	228,08	2
15	228,07	-	227,97	0
16	227,96	-	227,86	0
17	227,85	-	227,75	0
18	227,74	-	227,64	0
19	227,63	-	227,53	0
20	227,52	-	227,42	0
21	227,41	-	227,31	0
22	227,30	-	227,20	0
23	227,19	-	227,14	0



Graf 24: Průběh výšky hladiny v roce 2005



Graf 25: Četnost výskytu hladin za rok 2005

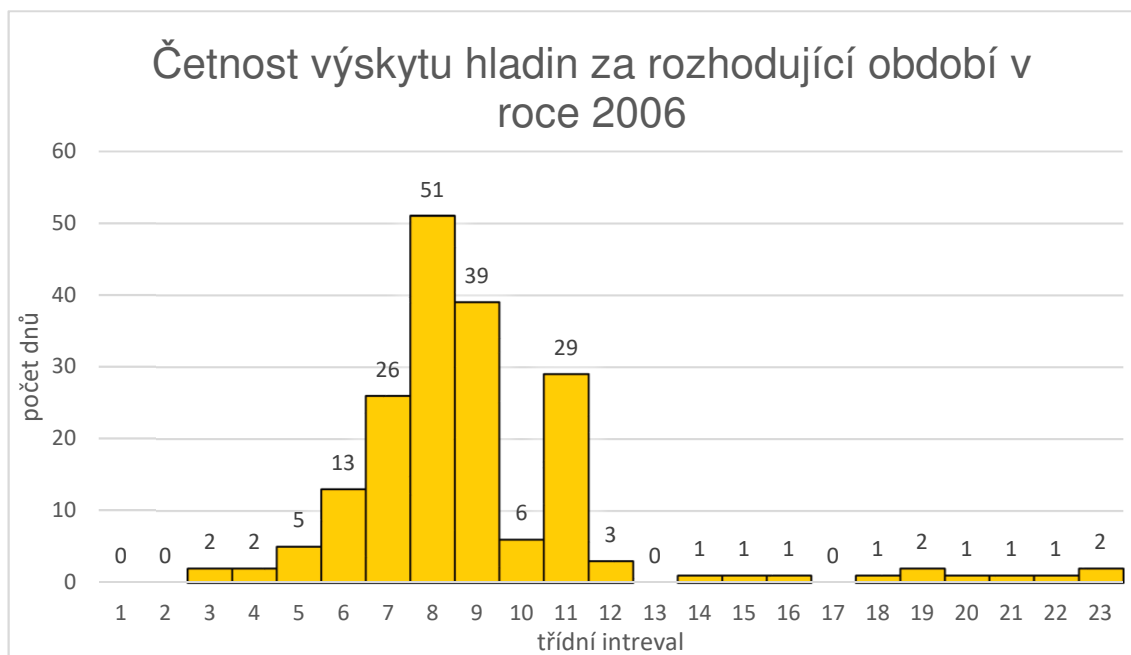
#### 4.2.15 Četnost výskytu hladin – rok 2006

Tab. 18: Četnost výskytu hladin za rok 2006

Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2006				
i	třídní interval			četnost
(-)	(m n. m.)			(-)
1	229,61	-	229,51	0
2	229,50	-	229,40	0
3	229,39	-	229,29	2
4	229,28	-	229,18	2
5	229,17	-	229,07	5
6	229,06	-	228,96	13
7	228,95	-	228,85	26
8	228,84	-	228,74	51
9	228,73	-	228,63	39
10	228,62	-	228,52	6
11	228,51	-	228,41	29
12	228,40	-	228,30	3
13	228,29	-	228,19	0
14	228,18	-	228,08	1
15	228,07	-	227,97	1
16	227,96	-	227,86	1
17	227,85	-	227,75	0
18	227,74	-	227,64	1
19	227,63	-	227,53	2
20	227,52	-	227,42	1
21	227,41	-	227,31	1
22	227,30	-	227,20	1
23	227,19	-	227,14	2



Graf 26: Průběh výšky hladiny v roce 2006



Graf 27: Četnost výskytu hladin za rok 2006

#### 4.2.16 Četnost výskytu hladin – rok 2007

Tab. 19: Četnost výskytu hladin za rok 2007

Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2007				
i	třídní interval			četnost
(-)	(m n. m.)			(-)
1	229,61	-	229,51	0
2	229,50	-	229,40	0
3	229,39	-	229,29	0
4	229,28	-	229,18	0
5	229,17	-	229,07	0
6	229,06	-	228,96	1
7	228,95	-	228,85	59
8	228,84	-	228,74	42
9	228,73	-	228,63	27
10	228,62	-	228,52	15
11	228,51	-	228,41	11
12	228,40	-	228,30	9
13	228,29	-	228,19	4
14	228,18	-	228,08	3
15	228,07	-	227,97	2
16	227,96	-	227,86	6
17	227,85	-	227,75	4
18	227,74	-	227,64	0
19	227,63	-	227,53	2
20	227,52	-	227,42	1
21	227,41	-	227,31	0
22	227,30	-	227,20	2
23	227,19	-	227,14	0





Graf 28: Průběh výšky hladiny v roce 2007



Graf 29: Četnost výskytu hladin za rok 2007

#### 4.2.17 Četnost výskytu hladin – rok 2008

Tab. 20: Četnost výskytu hladin za rok 2008

Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2008				
i	třídní interval			četnost
(-)	(m n. m.)			(-)
1	229,61	-	229,51	0
2	229,50	-	229,40	0
3	229,39	-	229,29	0
4	229,28	-	229,18	0
5	229,17	-	229,07	0
6	229,06	-	228,96	8
7	228,95	-	228,85	58
8	228,84	-	228,74	44
9	228,73	-	228,63	30
10	228,62	-	228,52	7
11	228,51	-	228,41	8
12	228,40	-	228,30	7
13	228,29	-	228,19	11
14	228,18	-	228,08	2
15	228,07	-	227,97	2
16	227,96	-	227,86	2
17	227,85	-	227,75	0
18	227,74	-	227,64	1
19	227,63	-	227,53	1
20	227,52	-	227,42	0
21	227,41	-	227,31	0
22	227,30	-	227,20	0
23	227,19	-	227,14	0



Graf 30: Průběh výšky hladiny v roce 2008

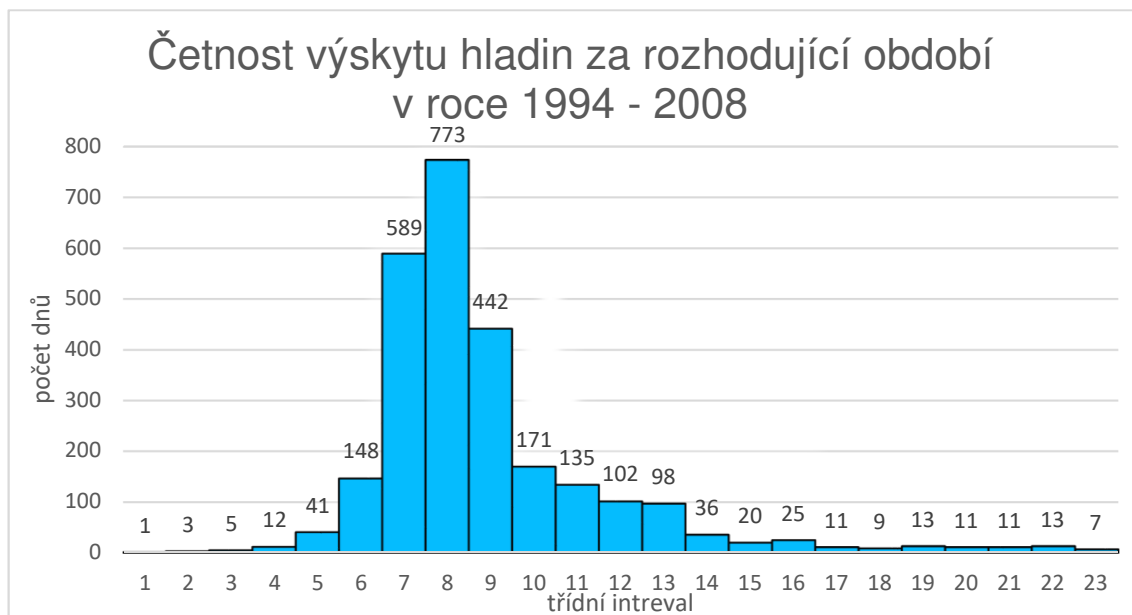


Graf 31: Četnost výskytu hladin za rok 2008

#### 4.2.18 Četnost výskytu hladin – rok 1994-2008

Tab. 21 Celková četnost výskytu hladin za rok 1994-2008

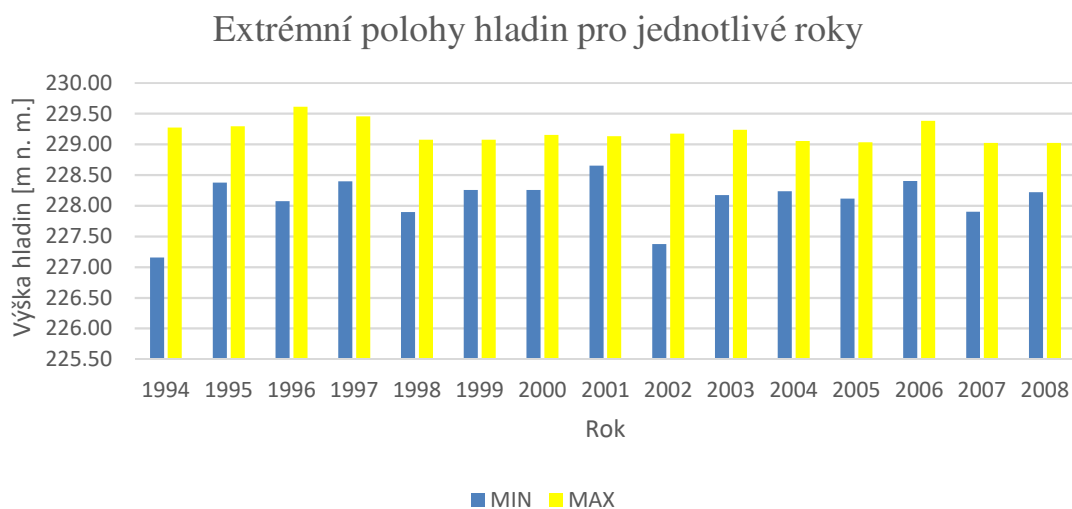
Četnost výskytu hladin za rozhodující období v letech 1994 -2008				
i	třídní interval			četnost
(-)	(m n. m.)			(-)
1	229,61	-	229,51	1
2	229,50	-	229,40	3
3	229,39	-	229,29	5
4	229,28	-	229,18	12
5	229,17	-	229,07	41
6	229,06	-	228,96	148
7	228,95	-	228,85	589
<b>8</b>	<b>228,84</b>	<b>-</b>	<b>228,74</b>	<b>773</b>
9	228,73	-	228,63	442
10	228,62	-	228,52	171
11	228,51	-	228,41	135
12	228,40	-	228,30	102
13	228,29	-	228,19	98
14	228,18	-	228,08	36
15	228,07	-	227,97	20
16	227,96	-	227,86	25
17	227,85	-	227,75	11
18	227,74	-	227,64	9
19	227,63	-	227,53	13
20	227,52	-	227,42	11
21	227,41	-	227,31	11
22	227,30	-	227,20	13
23	227,19	-	227,14	7



Graf 32: Četnost výskytu v období 1994 - 2008

Tab. 22: Extrémní polohy hladin pro jednotlivé roky

Rok	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
MIN	227,15	228,37	228,07	228,39	227,89	228,25	228,25	228,65
MAX	229,27	229,29	229,61	229,45	229,07	229,07	229,15	229,13
Rok	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
MIN	227,37	228,17	228,23	228,11	228,40	227,90	228,22	
MAX	229,17	229,23	229,05	229,03	229,38	229,02	229,02	



Graf 33: Extrémní polohy hladin pro jednotlivé roky

Z patnácti sledovaných roků byla použita všechna sledovaná období, to znamená, že žádný rok nebyl vyřazen z hodnocených dat. Celkem bylo bilancováno 1825 naměřených hodnot. V rozhodujícím období (9. 4. až 14. 10.) se jedná celkem o 2 676 údajů. Nejčtenější hladina  $Mn_{max}$  s výskytem 773 hodnot byla určena o nadmořské výšce v rozmezí 228,74 – 228,84 m n. m., se střední hodnotou **228,79 m n. m.**

$$Mn_{max} = 228,79 \text{ m n. m.}$$

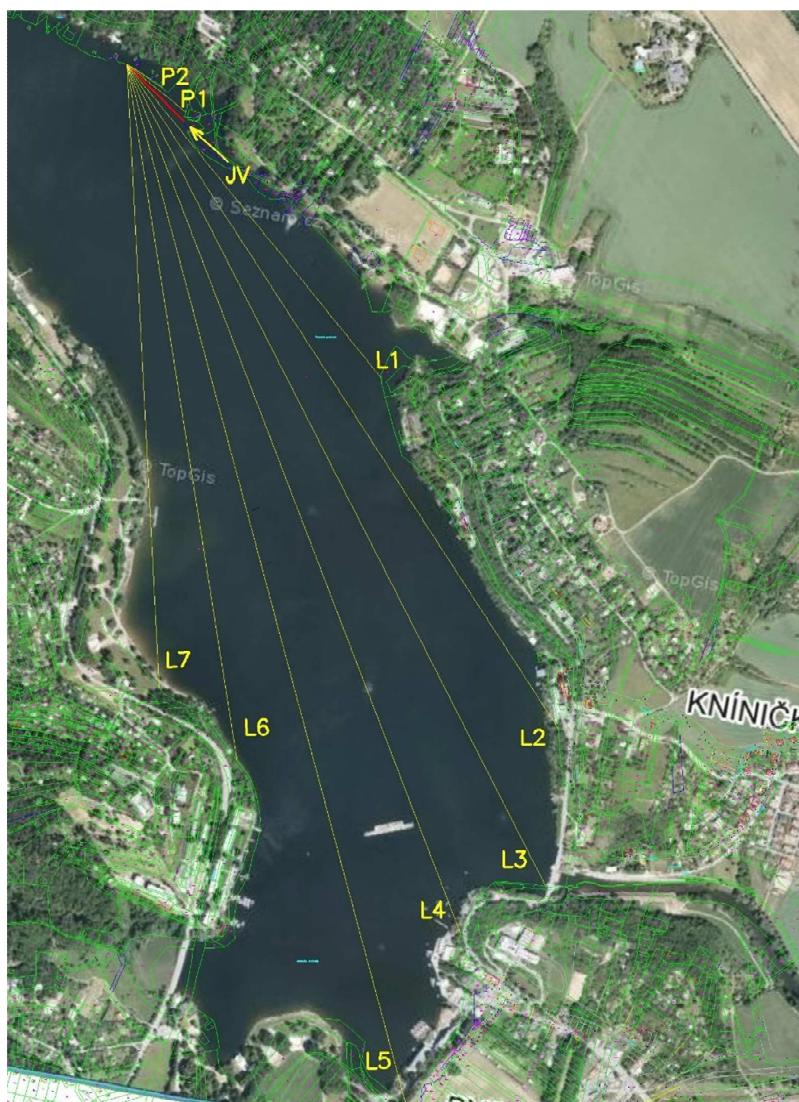
### 4.3 PŮSOBENÍ VLNĚNÍ VODNÍ HLADINY

#### 4.3.1 Stanovení efektivní délky rozběhu větru

Hodnotou nutnou pro určení velikosti návrhové výšky vlny je efektivní délka rozběhu vlny  $L_{ef}$ . Nejčastěji se vyskytujícím větrem na Brněnské přehradě je **vítr jihovýchodní**, který je uvažován i v hydrotechnických výpočtech. [5]

Tab. 23: Výpočet efektivní délky vlny

OZN.	úhel [°]	$L_i$	$\cos\varphi$	$L_i * (\cos\varphi)^2$
		[ m ]	[ - ]	[ m ]
P2	-12	84,9	0,743	46,90
P1	-6	151,1	0,809	98,90
P0	0	159,7	1,000	159,71
L1	6	807,8	0,995	798,99
L2	12	1583,5	0,978	1515,09
L3	18	1844,4	0,951	1668,28
L4	24	1860,6	0,914	1552,78
L5	30	2159,7	0,866	1619,78
L6	36	1408,9	0,809	922,16
L7	42	1249,2	0,743	689,90
	suma	$\Sigma$	8,808	9072,49



Obr. 11: Schéma výpočtu délky rozběhu vlny

Efektivní délka rozběhu vlny se určí dle vztahu:

$$L_{ef} = \frac{\sum_{i=1}^{i=15} L_i \cdot \cos^2 \varphi_i}{\sum_{i=1}^{i=15} \cos \varphi_i} \quad (4.1)$$

kde: i .....í-tá radiála (1-15),

$L_i$  .....délka í-té radiály,

$\varphi_i$  .....úhel mezi hlavním směrem větru a i-tou radiálou. [5]

Po dosazení do vztahu 4.1 dostaneme hodnotu  $L_{ef} = 1031,10 \text{ m}$ . Jelikož je vypočtená efektivní délka rozběhu vlny větší než skutečná délka rozběhu vlny, bude pro následující výpočet použita efektivní délka rozběhu vlny  $L_{ef}$ .

$$L_{ef} > L$$

$$1031,10 \text{ m} > 159,70 \text{ m}$$

### 4.3.2 Stanovení návrhové výšky vlny

Jako další veličinu nutnou pro výsledný výpočet nadmořské výšky paty abrazního srubu je potřeba určit hodnotu návrhové výšky vlny. Návrhová výška vlny  $h_n$  se stanoví ze vztahu:

$$h_n = 0,0026 * \frac{w_{10}^{1,06} * L^{0,47}}{g^{0,53}} \quad (4.2)$$

kde:  $w_{10}$ .....rychlost větru ve výši 10 m nad hladinou vody [ $\text{m.s}^{-1}$ ],  
 $L$ .....skutečná rozběhová dráha větru v přímém směru [m],  
 $g$  .....tíhové zrychlení [ $\text{m.s}^{-2}$ ]. [5]

V údolní nádrži Brno, byla rychlost návrhového větru uvažována dle ČSN 75 02 65 ve výšce deseti metrů nad hladinou, tedy  $w_{10} = 15 \text{ m.s}^{-1}$ .

Po dosažení všech proměnných dostaneme vypočtenou hodnotu návrhové výšky vlny

$$h_n = 0,357 \text{ m.}$$

### 4.3.3 Určení hodnoty „nahnání“ hladiny větrem

Ve směru větru dochází k mírnému hromadění vody v oblasti protilehlých břehů nádrže. Takzvané „nahnání vody“ ve směru větru je mnohdy nepatrné a zvýšení úrovně hladiny se projeví v milimetrech, maximálně v jednotkách centimetrů. U nádrží, kde skutečná délka rozběhu větru nepřesáhne 1 000 m, ji tedy vůbec nemusíme brát v úvahu.

V diplomové práci se jedná o případ, kde skutečná délka rozběhu  $L$  je menší než 1 000 m. Jelikož se ale jedná o diplomovou práci, výpočet „nahnání“ hladiny větrem provedeme. [5]

$$\Delta H = k_w * \frac{w_{10}^2 * L_{ef}}{g * H} * \cos \delta \quad (4.3)$$

Kde:  $k_w$ .....součinitel závislý na rychlosti větru ( $2,1 * 10^{-6}$ ) [- ],  
 $w_{10}$ .....rychlost větru ve výši 10 m nad hladinou vody [ $\text{m.s}^{-1}$ ],  
 $L_{ef}$ .....efektivní délka rozběhu vlny [m],  
 $g$  .....tíhové zrychlení [ $\text{m.s}^{-2}$ ],  
 $H$  .....hloubka vody v nádrži [10 m],  
 $\delta$  .....úhel mezi podélnou osou nádrže a směrem větru [°]. [5]

Po dosažení veličin do vzorce 4.3 dostaneme vypočtenou hodnotu „nahnání“ hladiny větrem

$$\Delta H = 0,005 \text{ m.}$$



#### 4.3.4 Určení střednice vlny

Vycházíme-li z ČSN 75 0255 a z předpokladu, že uvažujeme sinusový profil vlny, můžeme střednici vlny ztotožnit s hladinou v klidu. V tomto případě neuvažujeme oproti hladině žádné převýšení

$$h_0 = 0,000 \text{ m.}$$

#### 4.4 STANOVENÍ VÝŠKOVÉ ÚROVNĚ PATY $V_a$

Pro zjištění abrazní terminanty je nutné určit úroveň potenciální (případně již vzniklé) paty abrazního srubu. Ve vypočtené nadmořské výšce by mělo být provedeno nejsilnější opevnění břehů. Postup určení paty nejvýše položeného abrazního srubu vychází z předchozích výpočtů výškové úrovně nejčtetnější hladiny  $Mn_{max}$ , výšky návrhové vlny  $h_n$  a hodnoty nahnání hladiny větrem  $\Delta H$ . [5]

Paty nejvýše položeného abrazního srubu určíme ze vztahu:

$$V_a = Mn_{max} + \frac{h_n}{2} + h_0 + \Delta H \quad (4.4)$$

Kde:  $V_a$ ..... nadmořská výška paty abrazního srubu [m n. m.],

$Mn_{max}$ ..... nejčtetnější hladina [m n. m.],

$h_n/2$ ..... poloviční výška návrhové vlny [m],

$h_0$ ..... střednice vlny [m],

$\Delta H$ ..... výška nahnání hladiny větrem [m]. [5]

Po dosažení do vzorce 4.4 dříve vypočtených veličin získáme výslednou hodnotu nadmořské výšky paty abrazního srubu:

$$V_a = 228,97 \text{ m n. m.}$$

#### 4.5 PROGNÓZA ÚSTUPU BŘEHOVÉ ČÁRY

Prvním krokem pro odhad ústupu břehové čáry je zjištění nadmořské výšky paty abrazního srubu, v našem případě se jedná o hodnotu  $V_a = 228,97 \text{ m n. m.}$  Další postup směřuje k určení úrovně abrazní terminanty  $A_T$ , tedy bodu, kde se postup abraze samovolně zastaví. [5]

Bod  $A_T$  určíme graficky jako průsečík čáry vedené v úrovni paty nejvýše položeného abrazního srubu  $V_a$  a přímky charakterizující ustálený sklon abrazní plošiny.

Sklon abrazní plošiny je možné relevantně získat dvěma způsoby:

- Podrobným geodetickým zaměřením příčných profilů ve sledované lokalitě.
- Orientačně z grafu stanovením sklonu abrazní plošiny dle Pyškina, který je však možno použít jen pro homogenní materiály.

V našem případě byla použita první varianta, jelikož při zpracování byly k dispozici zaměřené příčné profily abrazních srubů v řešené lokalitě. [5]

Průsečík sklonu abrazní plošiny a výšky paty abrazního srubu určí výškovou hodnotu a umístění bodu abrazní terminanty  $A_T$ . Po vynesení přibližného úhlu vnitřního tření zeminy od bodu  $A_T$  získáme bod  $B_T$ , tedy nejzazší bod ústupu břehové čáry.

Uvedený postup lze aplikovat za předpokladu, že následná dlouhodobá erozní činnost povede k ustálenému sklonu erodovaného svahu, odpovídajícímu přibližně úhlu vnitřního tření materiálu, jímž je tvořen. [5]

Na Brněnské přehradě je břeh v oblasti paty svahu tvořen hrubými nestejnzrnnými, středně ulehlými šterky s příměsí písku ( $\varphi \approx 40^\circ$ ). Nad ulehlými šterky se nachází soudržné zeminy pevné ( $\varphi \approx 30^\circ$ ). [5]

Z výkresové dokumentace obsažené v *příloze 3 a 4* je patrný celkový předpokládaný ústup břehové čáry v řešené lokalitě. V našem případě se jedná o průměrný ústup břehu oproti zaměřenému stavu o 13,4 m. Minimální ústup byl vypočten na hodnotu 5,7 m a maximální ústup byl zjištěn o předpokládané hodnotě 21,2 m.

## 5 NÁVRH OPATŘENÍ

V rámci diplomové práce bylo navrženo celkem 9 protiabrazních opatření, tři technická, tři biotechnická a tři biologická. Navrhovaná vodorovná opatření jsou popisována vzhledem ke konkrétním příčným řezům.

### 5.1 TECHNICKÁ OPATŘENÍ

#### 5.1.1 Drátokamenná opěrná zeď

Tento typ technického opevnění je tvořen opěrnou zdí vytvořenou za pomoci drátokamenných košů. Koše jsou upleteny ze žíhaného pozinkovaného drátu se šestiúhelníkovými oky. Okraje košů jsou vyztuženy dráty většího rozměru pro vyztužení a lepší manipulaci.

Koš o rozměrech ( $D \times Š \times V$ )  $2,0 \times 1,0 \times 1,0$ ,  $1,5 \times 1,0 \times 1,0$  a  $1,0 \times 1,0 \times 1,0$  budou posazovány na předem urovnaný a zhutněný terén. Koše se ukládají podle předem stanoveného schématu a provazují se buď za pomoci vázacího drátu nebo se provažují. Dovnitř košů se používá kamenivo o velikosti kamene 50 – 250 mm. Lze použít také stavební recyklát, kdy se vyskládá obvod koše kamenivem a vnitřní část se vysype recyklátem. Původní abrazní plošina je sesvahována v poměru 10:1. Opevnění je rozděleno do 6 výškových úrovní o celkové výšce cca 3 m nad abrazní plošinou. Koše vytvoří úzké terasy, které budou osety travním porostem. Prostor mezi sesvahovaným abrazním srubem a drátokamennou zdí bude zasypán štěrkopískem a po částech zhutněn. Dosypaný štěrkopísek bude sesvahován směrem k pláži ve sklonu 3%. Pro lepší začlenění do okolí je možné vysadit před opěrnou zdí doplňující porost rákosin.

Navržený vodorovný příčný řez je součástí *přílohy 5A*.

#### 5.1.2 Monolitická betonová opěrná zeď

Jedná se o technické opatření tvořené monolitickou betonovou opěrnou zdí. Toto řešení je vhodné především jako řešení situací, kde by mohlo dojít k ohrožení staveb a majetku nad abrazním srubem.

Monolitická zeď bude uložena na urovnaném a zhutněném terénu. Stávající abrazní srub bude sesvahován ve sklonu 10:1 ve vzdálenosti 0,7 m od vnitřní paty monolitické stěny. Sesvahovaný prostor abrazního srubu bude sloužit při realizaci k manipulaci s bedněním. V základech bude opěrná zeď tvořena patkou vysokou 0,5 m přesahující půdorysné rozměry o 0,3 m. Opěrná zeď bude při svém vrcholu široká 1,0 m, celková konstrukční výška zdi bude 6,2 m. V průběhu stavby budou do konstrukce přidány vývody drenáží z líce stěny. Vývody jsou navrženy po 1,4 výškových metrech. Prostor mezi sesvahovaným abrazním srubem a opěrnou zdí bude zasypán štěrkopískem a po částech zhutněn. V prostoru před opěrnou zdí je proveden kamenný stabilizační

pohoz. Ten je založen ve stejné úrovni jako opěrná zeď a je dlouhý přibližně 4,0 m a vysoký 1,0 m.

Navržený vzorový příčný řez je součástí *přílohy 5B*.

### 5.1.3 Prefabrikovaná opěrná zeď tvaru L

Technické opatření je tvořeno prefabrikovanými dílci. Opatření je vhodné především v oblastech, kde je potřeba chránit majetek a stavby. Velkou výhodou je rychlost výstavby opevnění. Není nutné dělat technologické přestávky a opevnění v celé své výšce je postaveno vcelku. Pro realizaci je nutné zajistit přístup těžké techniky v dané oblasti.

Opevnění tvoří prefabrikáty tvaru L o rozměru 2,90x1,75x2,38 m a tloušťce stěny 0,35 m. Před zahájením výstavby je nutné provést odtěžení abrazního srubu o velikosti 2,25 m, aby bylo možné na urovnaný a zhutněný terén usadit prefabrikované dílce. K usazení jednotlivých dílců je zapotřebí použití těžké techniky. Prostor po odtěžené zemině je po usazení jednotlivých dílců zasypán a postupně hutněn zeminou až do úrovně rostlého terénu. V prostoru před prefabrikovaným dílcem je proveden kamenný stabilizační pohoz. Ten je založen ve stejné úrovni jako opěrná zeď a je dlouhý přibližně 4,0 m a vysoký 0,5 m.

Navržený vzorový příčný řez je součástí *přílohy 5C*.

## 5.2 BIOTECHNICKÁ OPATŘENÍ

### 5.2.1 Oživená kamenná rovnanina

Opevnění je vhodné pro výrazné abrazní poškození, které chrání především objekty stojící nad abrazním srubem. Je možné použít místní materiály a pro provedení není potřeba těžká mechanizace.

Kamenná rovnanina je založena do upravené základové rýhy. Prostor za budoucí konstrukcí je sesvahován v dostatečné vzdálenosti tak, aby byl zajištěn dostatečný prostor pro manipulaci při výstavbě. První pokládaná vrstva je vyskládána z lomového kamene, druhá vrstva je tvořena čerstvě seřezanými vrbovými prýty. Tento postup se opakuje do té doby, než je dosažena požadovaná výška. Sesvahovaný prostor bude průběžně dosypáván a zhutněn zeminou v součinnosti s výstavbou kamenné rovnaniny. Dosypávaný materiál bude v konečné úpravě sesvahován ve sklonu přibližně 1% a následně bude oset vhodnou travní směsí. Pro lepší začlenění do okolí je možné vysadit před opevnění doplňující porost rákosin.

Navržený vzorový příčný řez je součástí *přílohy 6A*.

## 5.2.2 Oživená srubová stěna

Jedná se o masivní ochranné konstrukce, které se používají místo drátokamenných košů a matrací.

Opevnění je tvořeno stabilní patou z hrubého šterku. Původní abrazní srub je potřeba sesvahovat pro lepší možnosti výstavby. Na tuhou patu z hrubého šterku se skládají jednotlivé vrstvy srubové stěny. Pro první vrstvu jsou použity dva dřevěné trámy nebo kulatiny (v našem případě jsou použity kmeny o přibližném průměru 0,5 m) na okrajích, prostor mezi nimi se vyplní hrubým šterkem nebo kamenivem. Ve vyšších patrech je možné použít jako výplň zeminu. Pro druhou vrstvu jsou použity větve vrb, olší, jasanů nebo jiných dřevin, které mají velkou výmladovost. Živé větve se používají o průměru 3 – 5 cm a na rubové straně zasahují do rostlého terénu. Horní část stabilizační stěny bude prosypána zeminou a osazena vrbovými prýty. Po zetlení a rozpadu dřevěných částí budou soudržnost stěny zaručovat kořenové systémy uchycených dřevin. Celková výška stabilizační stěny je přibližně 5,0 m. Rostlý terén je vhodné doplnit výsadbou travní směsí a vysazením vrbových prýtů.

Navržený vzorový příčný řez je součástí *přílohy 6B*.

## 5.2.3 Oživený kamenný pohoz

Použití je vhodné pro sanaci nízkých abrazních srubů s pozvolným sklonem svahu. Při použití u abrazních srubů s větší výškou se opevnění provede pouze ve spodní části upraveného svahu, ve zbývajícím délce svahu se provede osetí vhodnou travní směsí a výsadba doprovodného porostu. Realizaci je možno provést s malými náklady za použití místních materiálů.

Ve spodní části svahu se provede stabilizační patka z lomového kamene, na které se zakládají následující konstrukce. Pohoz navrhujeme minimálně ze dvou nebo tří řad kameniva na urovnaný terén. Tloušťka stabilizační vrstvy je minimálně 0,3 m, současně musí být minimálně trojnásobkem průměrného zrna použitého kameniva. Pohoz oživujeme výsadbou vrbových řízků. Pokud je požadováno větší a rychlejší zapojení do zeleně, je možno ukládat kamenivo na rohože z vrbového proutí.

Navržený vzorový příčný řez je součástí *přílohy 6C*.

## 5.3 BIOLOGICKÁ OPATŘENÍ

### 5.3.1 Stabilizace pomocí dřevěných kůlů a vrbových prýtů

Jedná se o relativně levné a málo pracné opevnění. Lze ho provádět z místních zdrojů a materiálů, ale může být náročné na provedení zemních prací. Je vhodné pro abrazní sruby s menší velikostí z důvodu náročnosti na prostor (urovnání svahu).

Navržené opevnění se hodí v případě, kdy není možné čekat na vzrůst vrbiček do dostatečné velikosti pro ochranný účinek.

V úrovni nejčtenější hladiny  $Mn_{max}$  abrazního srubu jsou umístěny tři řady dřevěných klád o průměru 0,5 m. Klády jsou zajištěny pomocí stabilizačních kůlů o průměru 0,1 m. Nad kládami se provede urovnání svahu ve sklonu 1:1,5. Svah bude oset vrbovými prýty přibližně do výšky 1,5 m, zbytek svahu bude oset vhodnou travní směsí nebo rostlinami vhodné druhové skladby. Pod stabilizačními kmeny může být provedena malá stabilizační patka z lomového kamene. Je počítáno s tím, že vrbové prýty se rozrostou do prostoru dřevěných klád a kamenné patky, kde budou po zetlení klád zajišťovat utlumení energie vody.

Navržený vzorový příčný řez je součástí *přílohy 7A*.

### 5.3.2 Zápletové plůtky

Dalším typem je opevnění vyžadující určitou preciznost při realizaci (hlavně první řada zápletového plůtku), zároveň ale není finančně náročné a je možné je realizovat z místních materiálů. Zápletové plůtky mají protiabrazní účinek již od svého vytvoření. Jsou vhodné především pro nižší abrazní sruby, ale je možné je využít pro zastavení porušení břehu při jakékoliv výšce abrazního srubu, pokud není vznesen požadavek na sanaci samotného břehu.

Třířadý zápletový plůtek je založen tak, aby poslední řada zasahovala nad úroveň hladiny  $Mn_{max}$ . Kůly zabezpečující zápletové plůtky mají průměr 0,1 m a jsou zatloukány v řadách za sebou tak, aby výsledné zápletové plůtky byly ve vzdálenosti 0,5 m. Pro zaplétání budou použity živé vrbové větve o průměru 3 – 5 cm. Do prostoru mezi plůtky se vysadí vzrostlé vrbičky. Cílovým výsledkem je, že vrbové větve použité v zápletovém plůtku zakoření a dále porostou, čímž vznikne za spolupůsobení již vysazených vrbiček hustý vrbový porost, který zabráni dalšímu rozšiřování abraze.

Navržený vzorový příčný řez je součástí *přílohy 7B*.

### 5.3.3 Stabilizace vrbovým porostem

Vrbové porosty jsou vhodné jako stabilizace břehu proti vlnění. Je to asi nejlevnější a nejjednodušší způsob stabilizace břehu. Tento typ stabilizace je možné použít pro jakékoli výšky abrazního srubu. Je nutné si uvědomit, že dojde pouze k zastavení rozšiřování abraze vlivem vlnění, ale nebude stabilizován již vzniklý abrazní srub, potažmo nebude možné aktivní využití břehu. Začátek účinnosti opatření je závislý na vzrůstu vysazovaných vrb.

Výsadba vrbového porostu bude probíhat v úrovni  $Mn_{max}$  v 5 řadách.

Navržený vzorový příčný řez je součástí *přílohy 7C*.

## 5.4 VYHODNOCENÍ NAVRŽENÝCH OPATŘENÍ

Při navrhování protiabrazních opatření je potřeba nejprve si ujasnit, z jakého důvodu chceme abrazi stabilizovat. Podle důvodu stabilizace je potřeba vybrat vhodný typ opatření.

Technické opevnění je nejvhodnější pro vysoké abrazní sruby, v jejichž blízkosti jsou umístěny stavby. U takto ošetřeného břehu již nedochází k dalšímu rozšiřování abrazního srubu a břeh je dokonale zastabilizován. Při realizaci je nutné počítat s velkými finančními náklady, časovou náročností a je nutné zabezpečit přístup těžké techniky. Technické opatření jsou nejvhodnější v oblastech s velkým výskytem lidí, staveb a infrastruktury (chatové oblasti, přístavy, intravilány obcí).

Biotechnické opevnění je možné použít pro všechny výšky abrazních srubů. Lze volit varianty, při kterých se zastabilizuje i narušený břeh (oživená srubová stěna) nebo dojde pouze k zastavení postupu abraze a úpravě porušeného břehu (oživený kamenný pohoz). Realizace není nijak finančně náročná a lze ji provádět z místních materiálů. Pro terénní úpravy je často nutné zabezpečit přístup těžké techniky. Nejčastěji se používá při stabilizaci abrazních srubů v lokalitách, kde je požadována spoluúčast s okolní přírodou, současně je ale požadavek na opevnění poškozených břehů.

Biologická opevnění slouží pouze k zastavení rozšiřování abraze a zabraňují odnosu již erodovaného materiálu. Nejčastěji se používají pro nízké až středně vysoké abrazní sruby. Jedná se o nejlevnější protiabrazní opatření, ve většině případů jej lze realizovat z místních zdrojů, není potřeba těžké mechanizace mimo případné zemní úpravy. Pokud pro realizaci není použito vzrostlých dřevin, není abrazní účinek okamžitý. Nejčastěji se používá při požadavku zachování přírodního rázu krajiny.

Z navržených opatření se jeví jako nejvhodnější opevnění pro danou lokalitu kombinace biotechnických a biologických opatření. Biotechnická opatření budou použita v prostorech, kde je nutno chránit stavby nad abrazním srubem. V ostatních případech budou použita biologická opatření s ohledem na zachování přírodního rázu krajiny. Pokud by došlo k odstranění budov nebo by byla provedena stabilizace podloží tak, aby nedošlo k ohrožení staveb, bylo by možné použít v celém rozsahu lokality biologické opevnění.

## 6 ZÁVĚR

V průběhu zpracování diplomové práce došlo k podrobnému seznámení se s problematikou vzniku abrazí na údolní nádrži, s problematikou výpočtu charakteristik vln a ústupu břehové čáry, byl objasněn vznik abrazí a nastíněna možná řešení stabilizace narušených břehů. Proběhlo roztrídění opevnění do skupin podle jejich účinku (pasivní a aktivní) a materiálů (technické, biotechnické a biologické). Následovala osobní prohlídka lokality. Při průzkumu zájmové oblasti byla pořízena fotodokumentace a celá oblast byla prozkoumána. Na základě osobní prohlídky lokality a fotodokumentace byl vyhodnocen současný stav abraze.

Z měřených údajů o průběhu hladin na vodním díle byla zpracována celková statistika a statistiky pro jednotlivé roky. Pro další postup bylo nutné určit charakteristiky typové vlny vzniklé při směrnatém větru (směr jihovýchodní) a rozběhu  $L_{ef} = 1\,030\text{ m}$ . Z předešlých údajů byla následně vypočítána nejčtenější hladina  $Mn_{max}$  v nadmořské výšce 228,79 m n. m. Na závěr výpočtů byla stanovena nadmořská výška paty abrazního srubu  $V_A = 228,97\text{ m n. m.}$

Pomocí příčných řezů získaných ze zaměření lokality a nejčtenější hladiny  $Mn_{max}$  byla stanovena prognóza ústupu břehové čáry - viz *příloha 5*.

V posledním kroku bylo navrženo celkem devět vzorových řezů opevnění pro danou lokalitu. Byly navrženy tři typy technických opevnění, tři typy opevnění biotechnických a tři typy opevnění biologických. Navržená opevnění je možno vidět v *přílohách 5A-C, 6A-C a 7A-C*.

Dle průběhu řešení práce, studia problematiky abrazí na údolních nádržích, osobní návštěvy lokality a celkového charakteru Brněnské přehrady a jejího okolí se jeví jako nejvhodnější pro danou lokalitu kombinace opevnění biotechnických s opevněními biologickými. Biotechnická opevnění je nutné použít v místech, kde se v blízkosti abrazního srubu nacházejí stavby.



## SEZNAM ZDROJŮ A LITERATURY

- [1] ŠLEZINGR, Miroslav. *Brněnská přehrada a lidé kolem ní*. VUT - FAST v Brně, 1998. ISBN 80 - 214 - 1127 -9.
- [2] MACKOVČIN, Petr. *Brněnsko*. Vyd.1. Praha : Brno : Agentura ochrany přírody a krajiny ČR ;EkoCentrum, 2007.
- [3] PROCHÁZKA, Rudolf (ed.). *Dějiny Brna*. Vyd. 1. Brno: Statutární město Brno, 2011. ISBN 978-80-86736-25-9.
- [4] ČERMÁK, M. *Svratka: Hydrologická studie*. Brno: Krajský národní výbor v Brně, 1950.
- [5] ŠLEZINGR, Miloslav. *Břehová abraze - možnosti stabilizace břehů: Bank erosion - possible ways of bank stabilization : monografie*. Vyd. 1. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2011. Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. ISBN 978-80-7375-566-9.
- [6] Informační leták VD Brno [online]. [cit. 2016-10-07]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/uzitecne/vodni-dila/brno/>
- [7] Historie lodní dopravy v Brně [online]. [cit. 2016-10-07]. Dostupné z: <http://dpmb.cz/?seo=historie-lodni-dopravy>
- [8] Česká geologická služba [online]. [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: [http://mapy.geology.cz/geocr\\_50/](http://mapy.geology.cz/geocr_50/)
- [9] Česká geologická služba - vrtná prozkoumanost [online]. [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: <http://mapy.geology.cz/GISViewer/?mapProjectId=4>
- [10] Klimatické regiony ČR [online]. [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: <http://www.ovocnarska-unie.cz/sispo/?str=klima-mapa>
- [11] Národního geoportálu INSPIRE - hlavní půdní typy dle TKSP [online]. [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>
- [12] Zákon o ochraně přírody a krajiny. In: . 114/1992 Sb.

- [13] Vegetační stupně [online]. [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/1431/jaro2010/Z0005/18118868/index\\_VS.html](https://is.muni.cz/el/1431/jaro2010/Z0005/18118868/index_VS.html)
- [14] Vegetační stupeň v oblasti povodí Dyje [online]. [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: [http://www.pmo.cz/pop/2009/Dyje/end/a-popis/a-1.html#a\\_1\\_10\\_2](http://www.pmo.cz/pop/2009/Dyje/end/a-popis/a-1.html#a_1_10_2)
- [15] CULEK, Martin (ed.). *Biogeografické členění České republiky*. Praha: Enigma, 1996. ISBN 80-853-6880-3.
- [16] VESECKÝ A KOL. *Podnebí ČSSR*. HMÚ Praha.
- [17] Národní geoportál INSPIRE - krajinný pokryv [online]. [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>
- [18] Registr půdy LPIS [online]. [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny/>
- [19] Složení lesních porostů [online]. [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: <http://geoportal.uhul.cz/LHPOMapNew/>
- [20] Mapa okolí přehrady [online]. [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: <http://dpmb.cz/?seo=mapa-okoli-prehrady#>
- [21] TOLASZ, Radim. *Atlas podnebí Česka: revue littéraire mensuelle*. Praha: Centre national des Lettres, 2007. ISBN 978-80-86690-26-1.
- [22] [online]. [cit. 2017-01-06]. Dostupné z: [http://up.kr-jihomoravsky.cz/download/US/2238/USES\\_JMK.pdf](http://up.kr-jihomoravsky.cz/download/US/2238/USES_JMK.pdf)

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Charakteristiky klimatické oblasti MT 11 [10].....	17
Tab. 2. Přehled skupin typů geobiocénů brněnského území [3] .....	21
Tab. 3: Plošná struktura využití území bioregionu a KES [15] .....	29
Tab. 4: Průměrná četnost směrů větru [16] .....	30
Tab. 5: Průměrné fenologické poměry [21] .....	30
Tab. 6: Četnost výskytu hladin za rok 1994.....	45
Tab. 7: Četnost výskytu hladin za rok 1995.....	47
Tab. 8: Četnost výskytu hladin za rok 1996.....	49
Tab. 9: Četnost výskytu hladin za rok 1997.....	51
Tab. 10: Četnost výskytu hladin za rok 1998.....	53
Tab. 11: Četnost výskytu hladin za rok 1999.....	55
Tab. 12: Četnost výskytu hladin za rok 2000.....	57
Tab. 13: Četnost výskytu hladin za rok 2001.....	59
Tab. 14: Četnost výskytu hladin za rok 2002.....	61
Tab. 15: Četnost výskytu hladin za rok 2003.....	63
Tab. 16: Četnost výskytu hladin za rok 2004.....	65
Tab. 17: Četnost výskytu hladin za rok 2005.....	67
Tab. 18: Četnost výskytu hladin za rok 2006.....	69
Tab. 19: Četnost výskytu hladin za rok 2007.....	71
Tab. 20: Četnost výskytu hladin za rok 2008.....	73
Tab. 21 Celková četnost výskytu hladin za rok 1994-2008 .....	75
Tab. 22: Extrémní polohy hladin pro jednotlivé roky .....	76
Tab. 23: Výpočet efektivní délky vlny.....	77

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Geologická mapa [8] .....	14
Obr. 2 Vrtná prozkoumanost [9] .....	15
Obr. 3: Klimatické oblasti ČR [10] .....	16
Obr. 4: Hlavní půdní typy dle TKSP [11] .....	18
Obr. 5 Vegetační stupeň dle Zlatníka [13] .....	23
Obr. 6 Vegetační stupeň v oblasti povodí Dyje [14] .....	25
Obr. 7 Krajinový pokryv [17] .....	34
Obr. 8 Registr půdy LPIS [18] .....	35
Obr. 9 Složení lesních porostů [19] .....	36
Obr. 10: Rekreační využití Brněnské přehrady [7] .....	37
Obr. 11: Schéma výpočtu délky rozběhu vlny .....	78

## SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Výška hladin v období 1994 - 2008.....	44
Graf 2: Průběh výšky hladiny v roce 1994.....	46
Graf 3: Četnost výskytu hladin za rok 1994.....	46
Graf 4: Průběh výšky hladiny v roce 1995.....	48
Graf 5: Četnost výskytu hladin za rok 1995.....	48
Graf 6: Průběh výšky hladiny v roce 1996.....	50
Graf 7: Četnost výskytu hladin za rok 1996.....	50
Graf 8: Průběh výšky hladiny v roce 1997.....	52
Graf 9: Četnost výskytu hladin za rok 1997.....	52
Graf 10: Průběh výšky hladiny v roce 1998.....	54
Graf 11: Četnost výskytu hladin za rok 1998.....	54
Graf 12: Průběh výšky hladiny v roce 1999.....	56
Graf 13: Četnost výskytu hladin za rok 1999.....	56
Graf 14: Průběh výšky hladiny v roce 2000.....	58
Graf 15: Četnost výskytu hladin za rok 2000.....	58
Graf 16: Průběh výšky hladiny v roce 2001.....	60
Graf 17: Četnost výskytu hladin za rok 2001.....	60
Graf 18: Průběh výšek hladiny v roce 2002.....	62
Graf 19: Četnost výskytu hladin za rok 2002.....	62
Graf 20: Průběh výšky hladiny v roce 2003.....	64
Graf 21: Četnost výskytu hladin za rok 2003.....	64
Graf 22: Průběh výšky hladiny v roce 2004.....	66
Graf 23: Četnost výskytu hladin za rok 2004.....	66
Graf 24: Průběh výšky hladiny v roce 2005.....	68
Graf 25: Četnost výskytu hladin za rok 2005.....	68
Graf 26: Průběh výšky hladiny v roce 2006.....	70
Graf 27: Četnost výskytu hladin za rok 2006.....	70
Graf 28: Průběh výšky hladiny v roce 2007.....	72
Graf 29: Četnost výskytu hladin za rok 2007.....	72
Graf 30: Průběh výšky hladiny v roce 2008.....	74
Graf 31: Četnost výskytu hladin za rok 2008.....	74
Graf 32: Četnost výskytu v období 1994 - 2008.....	76
Graf 33: Extrémní polohy hladin pro jednotlivé roky.....	76

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$\Delta H$	[m]	nahnání hladiny větrem
$\delta$	[°]	úhel mezi podélnou osou nádrže a směrem větru
$\varphi$	[°]	úhel vnitřního tření zeminy
$\varphi_i$	[°]	úhel mezi hlavním směrem větru a i-tou radiálou
a. s.		akciová společnost
$A_T$	[ - ]	abrazní terminanta
B.p.v.		Balt po vyrovnání
$B_T$	[ - ]	bod maximálního ústupu břehové čáry
BVaK, a. s.		Brněnské vodovody a kanalizace, akciová společnost
cos		cosinus
°C	[°]	stupeň Celsia
g	[m.s <sup>-2</sup> ]	tíhové zrychlení
$h_0$	[m]	střednice vlny
H	[m]	hloubka vody v nádrži
ha		hektar
$h_n$	[m]	návrhová výška vlny
KES	[ - ]	koeficient ekologické stability
$k_w$	[ - ]	součinitel závislý na rychlosti větru
L	[m]	skutečná rozběhová délka větru v přímém směru
$L_{ef}$	[m]	efektivní délka rozběhu větru
$L_i$	[m]	délka i-té radiály
LPIS		Land Parcel Identification System
m n.m.	[m]	metry nad mořem
m.s <sup>-1</sup>		metr za sekundu
m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>		metr krychlový za sekundu
$M_{n_{max}}$	[m n. m.]	nejčastější hladina
MT		mírně teplý (klimatický region)
NPP		národní přírodní památka
NRBC		nadregionální biocentrum
NRBK		nadregionální biokoridor
PP		přírodní památka
PR		přírodní rezervace
RBC		regionální biocentrum
RBK		regionální biokoridor
$Q_{100}$	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	n-letý průtok
$Q_{355d}$	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	m-denní průtok
s. p.		státní podnik

STG		skupina typů geobiocenů
T		teplý (klimatický region)
TKSP		taxonomický klasifikační systém půd
ÚSES		územní systém ekologické stability
Va	[m n. m.]	nadmořská výška paty abrazního srubu
VD		vodní dílo
w <sub>10</sub>	[m.s <sup>-1</sup> ]	rychlost větru ve výšce 10 m nad hladinou vody

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1: Fotodokumenatce

Příloha 2: Přehledná situace M 1:5 000

Příloha 3: Koordinačí situace M 1:500

Příloha 4.1-4.27: Příčné řezy abrazními sruby M 1:100

Příloha 5A-C: Vzorové příčné řezy technickým opevněním M 1:100

Příloha 6A-C: Vzorové příčné řezy biotechnickým opevněním M 1:100

Příloha 7A-C: Vzorové příčné řezy biologickým opevněním M 1:100